

**Université de Perpignan**

**Année 2006**

**HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES**

présentée par Marc DESQUESNES

Soutenue publiquement le 3 juillet 2006 devant le jury suivant :

Bernard Godelle, Université de Montpellier  
René Chermette, ENVA, Maisons-alfort, France  
Stanny Geerts, IMT, Anvers, Belgique  
André Théron, Université de Perpignan, France  
Gérard Cuny, IRD, Montpellier, France  
Emmanuel Camus, CIRAD-EMVT, France



J'exprime toute ma gratitude aux membres du jury qui ont bien voulu orienter, conseiller,  
accepter et cautionner ce travail que je dédie à ma famille.



## SOMMAIRE

<b>1. Curriculum vitae.....</b>	<b>1</b>
Etat civil .....	1
Cursus Universitaire et diplômes obtenus .....	1
Cursus professionnel.....	1
Compétences .....	2
Régions d'expérience .....	2
Manifestations / initiatives scientifiques.....	2
Distinctions .....	2
Sociétés savantes .....	2
Expertise .....	2
<b>2. Liste des publications.....</b>	<b>3</b>
Thèses.....	3
Ouvrages publiés .....	3
Publications scientifiques .....	3
Communications dans des congrès .....	7
Chapitres dans des ouvrages et éditons .....	9
Rapports et mémoires .....	10
Ouvrages de vulgarisation et fiches techniques .....	11
Ouvrages de vulgarisation.....	11
Fiches techniques.....	11
Supports de cours .....	12
<b>3. Liste des stages encadrés et formations dispensées .....</b>	<b>13</b>
Techniciens .....	13
Maîtrises.....	13
Thèses de pharmacie .....	13
Thèses vétérinaires .....	13
CEAV .....	13
DESS.....	14
DEA .....	14
Thèses d'Universités .....	14
Formations collectives organisées et/ou dispensées .....	15
<b>4. Bilan des activités de recherches.....</b>	<b>17</b>
Le diagnostic .....	17
L'épidémiologie .....	27
L'immunologie .....	37
La lutte.....	41
<b>5. Bilan et réflexions sur les activités de formation et d'encadrement.....</b>	<b>47</b>
Transferts de connaissances .....	47
Méthodologie de l'encadrement .....	48
Résumé des stages et/ou formations encadrés .....	49
Réflexions sur l'encadrement de la recherche .....	49
<b>6. Conclusions et perspectives.....</b>	<b>51</b>
De l'encadrement de la recherche .....	51
Bilan .....	52
Perspectives.....	55
<b>7. Principales publications et résumés de publications.....</b>	<b>57</b>

Résumés des Thèses.....	57
Doctorat vétérinaire .....	57
Doctorat d'Université .....	58
Ouvrages.....	60
Synthèse sur les trypanosomoses et leurs vecteurs en Amérique Latine .....	60
Synthèse sur les vecteurs mécaniques des trypanosomoses animales .....	61
Sommaire par thèmes des publications dans des journaux scientifiques .....	62
Reproductions d'une sélection de publications .....	65
<b>Publication n°1</b> .....	65
<b>Publication n°2</b> .....	73
<b>Publication n°3</b> .....	87
<b>Publication n°4</b> .....	103
<b>Publication n°5</b> .....	119
<b>Publication n°6</b> .....	131
<b>Publication n°7</b> .....	137
<b>Publication n°8</b> .....	157
<b>Publication n°9</b> .....	168
<b>Publication n°10</b> .....	178
<b>Publication n°11</b> .....	187
<b>Publication n°12</b> .....	195
<b>Publication n°13</b> .....	203
<b>Publication n°14</b> .....	215
<b>Publication n°15</b> .....	223







# **1. Curriculum vitae**

## **Etat civil**

Marc, Guy, Jean-Jacques, DESQUESNES

Né le 16 avril 1959 à Roubaix, France

Marié, 2 enfants

## **Cursus Universitaire et diplômes obtenus**

- 1980-1981 : Préparation vétérinaire au Lycée Marcellin Berthelot, St Maur des fossés ; admis à l'Ecole nationale vétérinaire de Maisons-Alfort (ENVA) ;
- 1981-1985 : Ecole nationale vétérinaire de Maisons-Alfort ; certificat de fin d'études ;
- 1987 : Thèse de Doctorat vétérinaire : La tique du bétail *Boophilus microplus*, biologie et modes de lutte, applications à la Nouvelle Calédonie ; mention très honorable, félicitations du jury, Médaille d'Argent, Prix Bizeul 1987-1988 ;
- 1989 : Certificat d'immunologie et d'immunopathologie, Hôpital Saint Antoine, Paris ;
- 1990 : Admission au concours externe des vétérinaires inspecteurs ;
- 1991 : Certificat sur les techniques de diagnostic de laboratoire des hémoparasitoses ; ILRAD (International Laboratory on Research on Animal Diseases), Nairobi, Kenya ;
- 1997 : Thèse de Doctorat de l'Université de Lille II, Université du droit et de la santé, option parasitologie : Les trypanosomoses du bétail et leur vecteurs en Amérique Latine ; étude spéciale dans le Plateau des Guyanes. Mention très honorable et félicitations du jury ;
- 1999 : Formation sur les systèmes d'information géographique, CIRAD, Montpellier ;
- 2002 : Formation sur la bio-informatique, Med bio tech, Kampala, Ouganda. ;
- 2003 : Nommé inspecteur en chef de la santé publique vétérinaire (ICSPV).

## **Cursus professionnel**

- 1981-1985 : Divers stages, exercices et remplacements en médecine vétérinaire rurale et citadine ;
- 1985-1987 : Volontaire de l'aide technique : responsable du laboratoire de parasitologie vétérinaire de l'IEMVT (Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux) à Païta, Nouvelle Calédonie ;
- 1987 : Stage au CSIRO de Brisbane sur diverses techniques d'étude de la tique du bétail ;
- 1987-1990 : Responsable de la médecine et de la chirurgie vétérinaires au dispensaire de la Société Protectrice des animaux (SPA), 8 rue Maître Albert, Paris V ;
- 1990-1993 : Chercheur pour l'IEMVT : étude des hémoparasitoses du bétail et leurs vecteurs ; basé à l'institut Pasteur de la Guyane (IPG), Cayenne, Guyane Française ;
- 1993-1996 : Représentant de l'EMVT-Guyane, IPG, Cayenne, Guyane Française ;
- 1997-1999 : Chercheur CIRAD-EMVT (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le développement – département Elevage et Médecine Vétérinaire Tropicales), mis à disposition du CIRDES (Centre International de Recherche – Développement de l'Elevage en zone Sub-humide), chef du service des biotechnologies du CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso ;
- 1999-2001 : Chercheur CIRAD-EMVT, mis à disposition du CIRDES, Chef de l'Unité de recherche sur les Bases biologiques de la lutte intégrée (URBIO), CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso ;
- 2001-2005 : Contrat de prestation du CIRAD-EMVT : Coordonnateur du programme concerté de recherche développement de l'élevage (PROCORDEL), coordonnateur régional de la zone CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso ;

2005 : Chercheur au CIRAD-EMVT de Montpellier, en attente d'affectation sur un poste de recherche sur la trypanosomose à *T. evansi* en Asie.

### **Compétences**

Diagnostic, épidémiologie et contrôle des hémoparasitoses du bétail et de leurs vecteurs ;  
Organisation de réseaux d'informations, de diffusion et de vulgarisation ;  
Enseignement (techniques de diagnostic, épidémiologie, étude des vecteurs).

### **Régions d'expérience**

Nouvelle Calédonie, Guyane Française, Guyana, Suriname, Venezuela, Burkina Faso, Bénin, Côte d'Ivoire, Togo, Mali, Niger, Ghana.

### **Manifestations / initiatives scientifiques**

- Co-fondateur (avec S. Vokaty, IICA Institut Inter-Américain de Coopération en Agriculture) du réseau d'information sur les hémoparasitoses du bétail dans les Guyanes, 1994;
- Co-éditeur du journal d'information du réseau sur les hémoparasitoses du bétail dans les Guyanes « Trypnews » 1994-1996 ;
- Organisateur du premier cours sur le diagnostic des hémoparasitoses du bétail dans les Guyanes;
- Co-organisateur du premier symposium sur les trypanosomoses du nouveau Monde, Georgetown, Guyana, novembre 1996; Co-éditeur des proceedings du symposium, 1997;
- Co-organisateur du second cours sur le diagnostic des hémoparasitoses du bétail ;
- Responsable scientifique du deuxième symposium sur les trypanosomoses du nouveau Monde, San Juan de Los Morros, Venezuela, octobre 1999;
- Co-responsable scientifique du premier cours sur le diagnostic des trypanosomoses et hémoparasitoses du bétail au Venezuela ;
- Organisateur du cours sur le diagnostic et le contrôle des trypanosomoses du bétail ; CIRDES, Burkina Faso (4 éditions successives entre 1998 et 2003)
- Co-organisateur du cours sur l'épidémiologie des hémoparasitoses du bétail et de leurs vecteurs ; CIRDES, Burkina Faso, 2002 ;
- Organisateur ou co-organisateur de 14 ateliers de restitution, 3 ateliers de formation et 2 ateliers de dialogues régionaux dans le cadre du PROCORDEL en Afrique de l'Ouest ;
- Co-éditeur de 31 fiches techniques ou fiches conseil sur l'élevage en Afrique de l'Ouest ; CIRDES , Bobo-Dioulasso, Burkina faso ;
- Rédacteur en Chef du journal d'information trimestriel du CIRDES : « La Lettre du CIRDES » 2003-2005.

### **Distinctions**

Médaille d'argent des thèse vétérinaire année 1987 ;  
Lauréat du Prix Bizeul 1987-1988 ;  
Nommé « International Scientist of the year 2004 » par le centre international biographique de Cambridge ;

### **Sociétés savantes**

- Membre de la société française de parasitologie (SFP);
- Membre du groupe *ad hoc* de l'OIE sur les trypanosomoses non transmises par les glossines ;

### **Expertise**

- Expert sur la transmission mécanique des trypanosomes dans le groupe *ad hoc* sur les trypanosomoses animales non transmises par les glossines de l'OIE ;
- Expert pour le CIRAD du laboratoire de référence de l'OIE sur le diagnostic des trypanosomoses.

## 2. Liste des publications

### Thèses

La tique du bétail *Boophilus microplus*, biologie et modes de lutte ; applications à la Nouvelle Calédonie ; thèse pour le doctorat vétérinaire, Université de Créteil ; Maisons-Alfort, 17 décembre 1987 ; 283 pages.

Les trypanosomoses du bétail en Amérique Latine ; étude spéciale dans le Plateau des Guyanes ; Thèse pour le Doctorat de l'Université de Lille II, Université du droit et de la santé, option parasitologie ; 26 septembre 1997 ; 409 pages.

### Ouvrages publiés

Livestock trypanosomoses and their vectors in Latin America (2004). Desquesnes M., Ed OIE, 12 rue de Prony, 75017 Paris, France; ISBN: 92-9044-634-X ; 174 pages ;

Les vecteurs mécaniques des trypanosomoses animales ; généralités, morphologie, biologie, impacts et contrôle. Identification des espèces les plus abondantes en Afrique de l'Ouest (2005). Desquesnes, M., Dia M., Acapovi G. & Yoni W.; Ed. CIRDES, BP454 Bobo-Dioulasso, Burkina faso ; 70 pages.

### Publications scientifiques

1. Desquesnes, M. & Hecht, E., 1986. Mise au point d'une méthode de mesure de l'efficacité biologique d'un bain d'acaricide ; Application au diéthion avec les femelles gorgées de *Boophilus microplus* . *Rev. Elev. Med. Vet. Nouv. Calédonie*, **8**, 27-34.
2. Desquesnes, M., 1987. Une étude de la résistance à l'Ethion de la tique *Boophilus microplus* sur la Côte Ouest de la Nouvelle-Calédonie. *Rev. Elev. Med. Vet. Nouv. Calédonie*, **9**, 19-21.
3. Desquesnes, M. & Stachurski, F., 1987. Choix, entretien et caractérisation d'une souche de référence de *Boophilus microplus* en Nouvelle-Calédonie : le souche Tiabet. *Rev. Elev. Med. Vet. Nouv. Calédonie*, **9**, 11-17.
4. Desquesnes, M. & Vignon, L., 1987. Une étude préliminaire pour associer la rotation des pâtures à la lutte contre *Boophilus microplus* en Nouvelle-Calédonie. *Rev. Elev. Med. Vet. Nouv. Calédonie*, **10**, 13-19.
5. Desquesnes, M. & Vignon, L., 1987. Essai d'un vaccin contre la tique du bétail: *Boophilus microplus*. *UPRA Nouvelle-Calédonie*, **12**, 23-28.
6. Desquesnes, M., 1990. Note sur des essais d'immunisation de lapins contre des tsé-tsé, *Glossina fuscipes fuscipes* (Diptera: Glossinidae). *Rev. El. Méd. Vét. Pays Trop.*, **43**, 511-513.
7. Desquesnes, M. & Gardiner, P., 1993. Epidémiologie de la trypanosomose bovine (*Trypanosoma vivax*) en Guyane Française ; *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* **46**, 463-470.

8. Vokaty, S., Desquesnes, M., La Rocque, S. (de), Applewhaite, L., Favre, J., Lieuw-A-Joe, R., Bansa-Issa, L. & Parris-Aaron, M., 1994. Hemoparasite Information Network for the Guianas. *The Kenyan Veterinarian*, **18**, 35-37.
9. Desquesnes, M., 1995. An outbreak of trypanosomosis in French Guyana. *Trypnews* **2**(1), 3.
10. Desquesnes, M., 1995. Hemoparasite Reference Laboratory. *Trypnews* **2**(1), 5.
11. Desquesnes, M., 1995. Evaluation of the sensitivity and specificity of *Trypanosoma vivax* antigen detection test (Trapping ELISA) with an isolate from French Guyana. *Trypnews* **2**(2), 3.
12. Desquesnes, M., 1995. Welcome to TRYPNET. *Trypnews* **2**(3), 4-5.
13. Desquesnes, M., 1995. Sensitivity and specificity of diagnostic tests for the detection of livestock trypanosomosis in South America. *Trypnews* **2**(4), 3-4.
14. Desquesnes, M., 1995. Evaluation of three antigen detection tests (monoclonal trapping ELISA) for African trypanosomes, with an isolate of *T. vivax* from French Guyana. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 791, July 23, 1996: 172-184.
15. Desquesnes, M. & La Rocque, S. (de), 1995. Comparaison de la sensibilité du test de Wo et d'un test de détection des antigènes de *Trypanosoma vivax* chez deux moutons expérimentalement infectés avec une souche guyanaise du parasite. *Rev. Élev. Méd. vét. Pays trop.* **48** (3), 247-253.
16. Desquesnes, M. et La Rocque S. (de), 1995. Preliminary results of the bovine hemoparasite survey in French Guyana, Suriname and Guyana (1993-94). *Trypnews* **2**(1), 8.
17. Peregrine, A. S., Desquesnes, M. & La Rocque, S., 1995. *Trypanosoma vivax* resistant to diminazene aceturate in French Guyana. *Trypnews* **2**(4), 5.
18. Desquesnes, M., La Rocque, S. (de) & Peregrine, A., 1995. French Guyanan isolate of *Trypanosoma vivax* resistant to diminazene aceturate, but sensitive to isometamidium chloride, *Acta Tropica*, **60**, 133-136.
19. Desquesnes, M., 1996. Trypanosomes of livestock and dogs in Latin America, the problem of diagnosis. *Trypnews* **3**(1), 5-6.
20. Desquesnes, M., 1996. Trypanosomes of livestock in Latin america. *Trypnews* **3**(1), 1-2.
21. Desquesnes, M., 1996. Diagnosis of acute Chagas disease (*Trypanosmpa cruzi*) in humans by indirect ELISA and Western blot with *Trypanosoma evansi* antigens. *Trypnews* **3**(1), 10.
22. Desquesnes, M. et Tresse, L., 1996. Evaluation de la sensibilité du test de Woo pour la détection de *Trypanosoma vivax*. *Rev. Élev. Méd. vét. Pays trop.* **49**(4), 315-321.
23. Desquesnes, M. et Tresse, L., 1996. Evaluation de la sensibilité de la PCR pour la détection de l'ADN de *Trypanosoma vivax* selon divers modes de préparation des échantillons sanguins. *Rev. Élev. Méd. vét. Pays trop.* **49**(4), 322-327.
24. Desquesnes, M., 1997. Evaluation of a simple PCR technique for the diagnosis of *Trypanosoma vivax* infection in the serum of cattle in comparison to parasitological

techniques and antigen-enzyme linked immunosorbent assay (Ag-ELISA) *Acta Tropica* **65**, 139-148.

25. Desquesnes, M., 1997. Standardisation internationale et régionale des épreuves immuno-enzymatiques : méthodes, intérêts et limites. *Rev. Sci. tech. Off. int. Epiz.* **16**, 809-823.
26. Espinoza, E., Gonzalez, N., Primera, G., Desquesnes, M. y Hidalgo, L., 1997. Sobrevivencia del *Trypanosoma vivax* (cepa IIIV) y *Trypanosoma evansi* (cepa TEVA1) en condiciones experimentales. *Veterinaria Trop.* **22**(2), 187-192.
27. Solano, P., Desquesnes, M., Sidibé, I., 1997. Le diagnostic de *Trypanosoma vivax* : un problème non résolu dans l'épidémiologie des trypanosomoses. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* **50**, 209-213.
28. Desquesnes, M., J.-F. Michel, S. La Rocque (de) P. Solano, L. Millogo, Z. Bengaly, I. Sidibé, 1999. Enquête parasitologique et sérologique (ELISA-indirectes) sur les trypanosomoses des bovins dans la zone de Sidéradougou, Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* **52**, 3-4: 223-232.
29. Bengaly Z., Kasbari M., Desquesnes, M., Sidibé I., Duvallet G., 2000. Validation of a polymerase chain reaction assay for monitoring the efficacy of diminazene aceturate treatment in trypanosome-infected sheep. *Veterinary Parasitology.* **96**, 101-113.
30. Desquesnes, M., Bengaly, Z., Millogo, L., Meme, Y. and Sakande, H., 2001. "The analysis of the cross-reactions occurring in antibody-ELISA for the detection of trypanosomes can improve identification of the parasite species involved." *Ann. Trop. Med. Parasitol.* **95**(2), 141-155.
31. Desquesnes, M., McLaughlin, G., Zoungrana, A., Dávila, A.M.R., 2001. Detection and identification of *Trypanosoma* of African livestock through a single PCR based on internal transcribed spacer 1 of rDNA. *Int. J. Parasitol.* **31** (5-6) 610-614.
32. Acapovi G., YaoYao, Dia M.L., et Desquesnes M., 2001. Abondance relative des tabanides et des stomoxes dans la région des savanes de la Côte d'Ivoire. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux.* **54**(2) 109-114.
33. Desquesnes M., Ravel S., Cuny G., 2002. PCR identification of *Trypanosoma lewisi*, a common parasite of laboratory rats; *Kinetoplast Biol Dis* 2002, **1** (1), 2.
34. Bengaly, Z., Sidibé, I., Boly, H., Sawadogo, L. and Desquesnes, M., 2002. Comparative pathogenicity of three genetically distinct *Trypanosoma congolense* – types in inbred Balb/c mice. *Veterinary parasitology* 105 : 111-118.
35. M. Desquesnes and A. M. R. Dávila, 2002. Applications of PCR-based tools for detection and identification of animal trypanosomes ; a review and perspectives. *Veterinary Parasitology* **109**(3-4), 213-231.
36. Sidibé, I., Bengaly, Z., Boly, H., Ganaba, R., Desquesnes, M., Sawadogo, L., 2002. Differential pathogenicity of *Trypanosoma congolense* subgroups: Implication for the strategic control of trypanosomosis. *ICPTV Newsletter*, sept 2002, **6**, 33-35.
37. Bengaly Z, Sidibe I, Ganaba, R, Desquesnes M., Boly H, Sawadogo L, 2002. Comparative pathogenicity of three genetically distinct types of *Trypanosoma congolense* in cattle : clinical observations and haematological changes. *Vet. Par.* **108**: 1-19.

38. Michel, J.-F., Dray, S., La Rocque (de), S., Desquesnes, M., Solano, P., Wispelaere (de), G. & Cuisance, D., 2002. Modelling bovine trypanosomosis spatial distribution by GIS in an agro-pastoral zone of Burkina Faso. *Preventive Veterinary Medicine*, **56**, 5-18.
39. Desquesnes, M., Bengaly, Z. & Dia, M. L., 2003. Evaluation de la persistance des anticorps détectés par ELISA-indirect *Trypanosoma vivax*, après traitement trypanocide chez des bovins naturellement infectés. *Rev Elev Méd vét pays Trop*, **56**(3-4), 141-144.
40. Desquesnes, M. & Dia, M. L., 2003. *Trypanosoma vivax*: Mechanical transmission in cattle by one of the most common African tabanids, *Atylotus agrestis*. *Exp. Parasitol.*, **103**(1-2), 35
41. Desquesnes, M. & Dia, M. L., 2003. Mechanical transmission of *Trypanosoma congolense* in cattle by the African tabanid *Atylotus agrestis*. *Exp. Parasitol.*, **105**(3-4), 226-231.
42. Cuisance, D., Itard, J., Solano, P., Desquesnes, M., Frézil, J. L. & Authié, E., 2003. Trypanosomoses: méthodes de lutte. In : *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail ; Europe et régions chaudes*; Lefèvre, P-C, Blancou, J. Chermette, R.; Ed Tec & Doc et EMI; Lavoisier, **2**, 1695-1724.
43. Cuisance, D., Itard, J., Desquesnes, M., Frézil, J. L. & De La Rocque, S., 2003. Trypanosomoses: épidémiologie. In : *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail ; Europe et régions chaudes*; Lefèvre, P-C, Blancou, J. Chermette, R.; Ed Tec & Doc et EMI; Lavoisier, **2**, 1627-1650.
44. Desquesnes, M., Itard, J., Cuny, G., Solano, P. & Authié, E., 2003. Trypanosomoses : diagnostic. In : *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail ; Europe et régions chaudes*; Lefèvre, P-C, Blancou, J. Chermette, R.; Ed Tec & Doc et EMI; Lavoisier, **2**, 1679-1694.
45. Desquesnes, M. & Dia, M. L., 2004. Mechanical transmission of *Trypanosoma vivax* in cattle by the African tabanid *Atylotus fuscipes*. *Vet Par*, **119**(1), 9-19.
46. Dia, M. L., Desquesnes, M., Elsen, P., Lancelot, R. & Acapovi, G., 2004. Evaluation of new trap for tabanids and stomoxines. *Bull. Soc. Roy. Belge Entomol.*, **140**, 64-73.
47. Mahama, C., Desquesnes, M., Dia, M., Losson, B., De Deken, R. & Geerts, S., 2004. A cross-sectional epidemiological survey of bovine trypanosomosis and its vectors in the Savelugu and West Mamprusi districts of northern Ghana. *Vet Parasitol.*, **122**(1), 1-13.
48. Mahama, C., Desquesnes, M., Dia, M., Losson, B., De Deken, R., Speybroeck, N. & Geerts, S., 2005. A longitudinal epidemiological survey of bovine trypanosomosis and its vectors in the White Volta river basin of northern Ghana. *Vet Parasitol.*, **128**, 201-208.
49. Desquesnes, M., Dia, M.L., Bouyer, J. & Fatehi, M., 2005. Mechanical transmission of *Trypanosoma vivax* and *Trypanosoma congolense* by common African tabanids *Atylotus agrestis* and *Atylotus fuscipes*. *Multidisciplinary for Par., Vect. and Parasitic Dis.*E719C0310; 143-147.
50. Delafosse A, Thebaud E, Desquesnes M, Michaux Y. (2006). Epidemiology of *Trypanosoma vivax* infection in cattle in the tse-tse free area of Lake Chad. *Prev Vet Med.* 2006 May 17;74(2-3):108-119.

## Communications dans des congrès

1. Premier séminaire International sur les Trypanosomoses animales non transmises par les Glossines (TANTG) 14-16 octobre 1992, Annecy : Epidemiology of cattle trypanosomiasis (*T. vivax*) in French Guyana.
2. First research coordination meeting of FAO/IAEA coordinated research programme on use of immunoassay methods for improved diagnosis of trypanosomiasis and monitoring tsetse and trypanosomiasis control programmes, 7-11 février 1994. Desquesnes, M : Evaluation of Ag-ELISAs for diagnosis of trypanosomosis in cattle and sheep.
3. STVM-95, San José, Costa Rica, 8-12 mai 1995. Desquesnes, M, présentation par G. UILENBERG : Evaluation of three antigen detection tests (monoclonal trapping ELISA) for African trypanosomes, with an isolate of *T. vivax* from French Guyana.
4. STVM-95, San José, Costa Rica, 8-12 mai 1995. Vokaty, S., Desquesnes, M., Appelwhaite, L., Favre, J., Lieuw-A-Joe, R, Parris-Aaron, M. & Bansse-Issa, L.: Hemoparasite network for the Guyanas.
5. First Symposium on New World Trypanosomes, Georgetown, Guyana, 20-22 Novembre 1996. Organisateur scientifique en collaboration avec S. Vokaty (IICA, Guyana) et R. A. M. S. Silva (EMBRAPA, Brésil). Avec participation de l'ILRI (Nairobi), du CTVM (Edimburgh), de l'USDA, de l'EMBRAPA (Corumba, Brésil), du CIRAD et de plusieurs Universités du Venezuela, de Bolivie, de Colombie et de Louisiane.
6. First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; Desquesnes, M. and Tresse, L.: Utilisation of *T. evansi* antigens in indirect-ELISA for the diagnosis of *Trypanosoma* sp. in livestock.; *In* : Proceedings of First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; proceedings (1999), 105-110.
7. First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; Desquesnes, M. and Tresse, L.: Utilisation of *T. evansi* antigens in indirect-ELISA for diagnosis of Chagas disease in humans ; *In* : Proceedings of First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; proceedings (1999), 111-114.
8. First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; Desquesnes, M. and Tresse, L.: Resistance to diminazene aceturate and isometamidium chloride in some South American *T. vivax* and *T. evansi* ; consequences on treatment and chemoprophylaxis. *In* : Proceedings of First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; proceedings (1999), 128-138.
9. First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; Desquesnes, M. and Tresse, L.: Sensitivity of the Woo test for detection of *Trypanosoma vivax*. *In* : Proceedings of First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; proceedings (1999), 76-81.
10. First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; Desquesnes, M. and Tresse, L.: Characteristics and interpretation of indirect-ELISA for *T. vivax* ; proposal for standardization of results.

*In* : Proceedings of First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; proceedings (1999), 87-94.

11. First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; Desquesnes, M. and Tresse, L.: PCR for the diagnosis of *Trypanosoma* species in livestock ; sample preparation to increase the sensitivity. *In* : Proceedings of First Symposium on New World Trypanosomes ; 20-22 November 1996, Georgetown, Guyana ; proceedings (1999), 121-127
12. Second symposium sur les trypanosomoses du Nouveau Monde et autres hémoparasitoses (SNWTH 99) ; 13-15 octobre 1999, San Juan de Los Morros, Venezuela ; Desquesnes, M. : Short review on animal trypanosome diagnosis in Latin America.
13. Second symposium sur les trypanosomoses du Nouveau Monde et autres hémoparasitoses (SNWTH 99) ; 13-15 octobre 1999, San Juan de Los Morros, Venezuela ; Desquesnes, M. et Vokaty, S : Epidemiology of *T. vivax* and *T. evansi* in the Guyanas.
14. Third internet conference on salivarian trypanosomes and trypanosomatids (TICSTT): 2-18 October 2000 : Desquesnes, M., McLaughlin, G., Zoungrana, A. and DAVILA A.: ITS1 of rDNA as a basis for detection of African livestock trypanosoma species DNA through a single Polymerase Chain Reaction.
15. ISCTRC, 1-5 Octobre 2001, Ouagadougou : F. Claes, M. Radwanska, A. M. R. Davila, M. Desquesnes, B. M. Goddeeris and P. Büscher : Towards a pan-*Trypanosoma* PCR assay based on the ribosomal Internal Transcribed Spacer 1 (ITS-1) region.
16. ISCTRC, 1-5 Octobre 2001, Ouagadougou, 2001 : M.L. Dia et M. Desquesnes : Aspects épidémiologiques des trypanosomoses du bétail transmises mécaniquement (*Trypanosoma vivax* & *Trypanosoma evansi*).
17. ISCTRC, 1-5 Octobre 2001, Ouagadougou, 2001 : M. Desquesnes, S. Ravel, G. Cuny, J-C Maillard, S. Thevenon, I. Chantal, D. Berthier, S. Sylla et A. Davila : Détection et identification des trypanosomes du bétail par une PCR unique fondée sur l'amplification de l'ITS1 de l'ADN ribosomique.
18. ISCTRC, 1-5 Octobre 2001, Ouagadougou, 2001 : M. Desquesnes et Z. Bengaly (Poster) : Les réactions croisées en ELISA-indirect pour les trypanosomes ; étude du score maximum de positivité pour une interprétation spécifique d'espèce.
19. ISCTRC, 1-5 Octobre 2001, Ouagadougou, 2001 : M. Desquesnes, Acapovi, G. et M.L. Dia (Poster) : Introduction à l'étude des insectes vecteurs mécaniques potentiels des trypanosomes en Afrique de l'Ouest.
20. 5th OIE / WAVLD Seminar on Veterinary Biotechnology, X International Symposium of Veterinary Laboratory Diagnosticians, 4-7 Juillet 2001, Salsomaggiore, Parma, Italie: M. Desquesnes : Application of the polymerase chain reaction to the diagnosis of trypanosomosis.
21. GISVET conference, Lancaster 10-14<sup>th</sup> September 2001: Michel J.F., Dray S., de La Rocque, S., de Wispelaere, G., Desquesnes, M., Solano, P. & Cuisance, D. : Modelling the spatial distribution of Bovine Trypanosomosis within a mixed crop-livestock system area in Burkina Faso.



22. 5ème congrès de la Société Ouest Africaine de Parasitologie, Dakar 10-14 avril 2002 : Bengaly Z., Sidibe I., Desquesnes M, Boly H et Sawadogo L. : Pathogénicité comparée de 3 types génétiques distincts de *T.congolense* chez les bovins.
23. - 5ème congrès de la Société Ouest Africaine de Parasitologie, Dakar 10-14 avril 2002 : M. Desquesnes, McLaughlin G., Zoungana A., Davila AMR. : Détection et identification des trypanosomes du bétail africain à l'aide d'amorces multispecifiques ; présenté par Z. Bengaly.
24. 5è congrès de la Société Ouest Africaine de Parasitologie, Dakar 10-14 avril 2002 : M. Desquesnes, Sophie Ravel, Gérard Cuny : Identification par PCR d'un parasite commun du rat : *Trypanosoma (Herpetosoma) lewisi* (Kent, 1880) Laveran & Mesnil, 1901 ; Présenté par M.L. Dia
25. ISTRC 2003, Pretoria, Afrique du Sud, 29 sept-3 octobre 2003 :Desquesnes, M., Dia, M.L. & Bouyer, J. (2003). Mechanical Transmission of African *Trypanosoma vivax* by African Tabanids *Atylotus agrestis* and *Atylotus fuscipes*.
26. ISTRC 2003, Pretoria, Afrique du Sud, 29 sept-3 octobre 2003 : Bouyer, J., Sibert, A., Desquesnes, M. & Cuisance, D. (2003). Modèle de la diffusion linéaire des glossines ripicoles en galerie forestière
27. ISTRC 2003, Pretoria, Afrique du Sud, 29 sept-3 octobre 2003 : Dia, M. L. , Desquesnes, M., Elsen, P. & Lancelot, R. (2003) Evaluation of a new trap for tabanids and stomoxes.
28. I<sup>st</sup> international symposium – II<sup>nd</sup> nacional symposium on “Hemoparasitosis and their vectors”, Caracas, Venezuela, 14-16 octobre 2004 : Desquesnes, M. Epidemiology and control of cattle trypanosomosis (*Trypanosoma vivax*) mechanically transmitted.
29. I<sup>st</sup> international symposium – II<sup>nd</sup> nacional symposium on “Hemoparasitosis and their vectors”, Caracas, Venezuela, 14-16 octobre 2004 : Desquesnes, M., Dia, M.L. & Bouyer, J. : Demonstration and modelisation of mechanical transmission of trypanosomes by Tabanids.
30. 20<sup>ème</sup> meeting annuel de la société brésilienne de parasitologie; 31<sup>ème</sup> meeting annuel sur la recherche de base sur la maladie de Chagas ; 8-10 November 2004, Caxambu, MG, Brésil ; Desquesnes, M., Dia, M.L. & Bouyer, J. : Demonstration and modelisation of mechanical transmission of trypanosomes by Tabanids.
31. Conférence sur le développement de médicaments pour le traitement des maladies parasitaires ; 21-24 novembre 2004, Anvers, Belgique ; Dia, M.L. & Desquesnes, M. : Lutte contre les trypanosomoses bovines en Afrique de l'Ouest par utilisation des trypanocides.
32. FRSIT, Ouagadougou 29 mai- 5 juin 2004 ; Dia , M. L. et M. Desquesnes (2005) : Variations saisonnières des Tabanides à Lahirasso.

## Chapitres dans des ouvrages et éditons

- Proceedings of the First Symposium on New World Trypanosomes, Georgetown, Guyana, 20-22 November 1996, Co-édition IICA / CIRAD-EMVT, par S. Vokaty et M. Desquesnes; 154 pages.

- Diagnose et contrôle des tabanides et des stomoxes, Cours international de formation théorique et pratique, 10-14 juillet 2000, CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso; Editeur Marc Desquesnes (CIRAD-EMVT / CIRDES) 40 pages ;
- Diagnostic et le contrôle des hémoparasitoses animales et de leurs vecteurs, Cours international de formation théorique et pratique, 05-07 novembre 2001 ; CIRDES BP 454 01 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso ; Editeur Marc Desquesnes (CIRAD-EMVT / CIRDES) 199 pages.
- Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail ; Europe et régions chaudes (2004) ; par Lefèvre, P-C, Blancou, J. Chermette, R.; *Ed Tec & Doc et EMI; Lavoisier* ; chapitre Trypanosomoses : épidémiologie, diagnostic et méthodes de lutte pages 1627 à 1724. Version anglaise en cours de préparation.

## Rapports et mémoires

1. Desquesnes, M. & Stachurski, F., 1986. Étude de la tique du bétail, *Boophilus microplus*, isolement, caractérisation et entretien d'une souche de référence locale: Tiabet; tests de résistance à l'éthion: cartographie. Rapport CORDET 1985, IEMVT, BP 186, Nouméa, Nouvelle-Calédonie; 31 pages.
2. Vignon, L. & Desquesnes, M., 1988. Étude de la tique du bétail, *Boophilus microplus*, étalonnage de l'inhibition de ponte en fonction de la concentration du bain en éthion; problème de résistance à l'éthion, utilisation et choix des acaricides; recherche d'une corrélation entre les facteurs physiques et le survie des larves dans le milieu naturel. Rapport CORDET 1987, IEMVT, BP 186, Nouméa, Nouvelle-Calédonie; 38 pages.
3. Desquesnes, M., 1991. Report on activities in ILRAD by Marc Desquesnes in June and August 1991, ILRAD, Nairobi, Kenya, 21 August 1991; 14 pages. Ce rapport, en Anglais, donne les résultats d'analyses sérologiques effectuées sur les sérums de bovins, équins, ovins et Pécaris de Guyane Française.
4. Desquesnes, M., La Rocque, S. (de) & Goureau, L., 1993. Compte-rendu de l'enquête épidémiologique sur les hémoparasitoses bovines en Guyane Française (Trypanosomoses, anaplasmoses et babésioses). Rapport CIRAD-EMVT-Guyane, CORDET 91-92 ; juin 1993, 48 p.
5. Desquesnes, M. & La Rocque, S. (de), 1994. Compte-rendu de la mise en place du laboratoire de référence et du réseau d'information des hémoparasitoses du bétail dans les Guyanes" juin 1994, Rapport FEDER 93, CIRAD-EMVT-Guyane, 21 pages.
6. Desquesnes, M., 1994. Report on activities of M. Desquesnes in ILRAD, February-April 1994 (visiting scientist). ILRAD, Nairobi, Kenya, 27 pages. Ce rapport en Anglais présente la participation à la réunion de l'IAEA sur les Ag-ELISA, les premiers essais de diagnostic par PCR de la trypanosomose à *T. vivax* sur sérum de bovins, ainsi que des propositions de collaboration EMVT/ILRAD.
7. Desquesnes, M. & Tresse, L., 1995. Laboratoire de référence et réseau d'information sur les hémoparasitoses dans les Guyanes. Rapport FIC 94; publication CIRAD-EMVT-Guyane, août 1995; 14 p.
8. Ganteaume, A., Desquesnes, M. & Reynes, J-M., 1996. Immunisation antivectorielle de mammifères. Rapport CORDET 93 Institut Pasteur de la Guyane/CIRAD-EMVT-Guyane; février 1996, 19 pages.

## Ouvrages de vulgarisation et fiches techniques

### Ouvrages de vulgarisation

1. Desquesnes, M., 1991. La Tique du Bétail : *Boophilus microplus*. Publication IEMVT-Guyane, Institut Pasteur, BP 6010, 97306 Cayenne ; Octobre 1991; 22 p.
2. Desquesnes, M. & La Rocque, S. (de), 1992. Les taons de Guyane: biologie, importance vétérinaire et méthodes de lutte. Publication CIRAD-EMVT de diffusion locale destinée aux éleveurs de Guyane; EMVT-Guyane, Institut Pasteur, BP 6010, 97306 Cayenne; décembre 1992, 29 p.
3. Desquesnes, M. & La Rocque (de), S., 1993. Horseflies of the Guyanas, biology, veterinary significance and control methods. Traduced and edited by Dr S. Vokaty (IICA); 1993 ; IICA Office in Guyana, PO Box 10-1089, Georgetown, Guyana ; oct. 1993, 33 p.
4. Desquesnes, M. & La Rocque (de), S., 1993. Les hémoparasitoses des bovins en Guyane Française, importance vétérinaire et méthodes de contrôle. Publication CIRAD-EMVT de diffusion locale destinée aux éleveurs de Guyane; CIRAD-EMVT-Guyane, Institut Pasteur, BP 6010, 97306 Cayenne ; juin 1993, 23 p.
5. Desquesnes, M. & La Rocque, S. (de), 1994. Los tabanos de las guyanas, biologia, morfologia e importancia en la produccion animal y metodos de control. Traduit en espagnol par le Dr Hector MUNOZ, IICA Suriname - publication IICA-Suriname, 1994, 31 p.
6. Desquesnes, M., 1994. The cattle tick: *Boophilus microplus*. Traduit en Anglais par S. Vokaty, Publication IICA/CIRAD-EMVT, 24 p.
7. Acapovi, G., Desquesnes, M., Foil, L. et PIN, R., 2000. Introduction à l'étude des vecteurs mécaniques des trypanosomes en Afrique de l'Ouest. Publication CIRDES, diffusion restreinte ; 62 illustrations, 38 pages.

### Fiches techniques

1. Desquesnes, M., 2004. Les trypanosomoses bovines: Stratégies de lutte à l'échelle du troupeau. *Fiche de synthèse, Santé animale, CIRDES, BP454 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 2*, 1-8.
2. Dia, M. L. & Desquesnes, M., 2004. Les trypanosomoses: Utilisation rationnelle des trypanocides. *Fiche technique, Santé animale, CIRDES, BP454 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 3*, 1-8.
3. Desquesnes, M., Dia, M.L. et Bengaly Z., 2004. Les trypanosomoses des ruminants : Diagnostic différentiel des trypanosomoses des ruminants. *Fiche technique, Santé animale, CIRDES, BP454 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 4*, 1-8.
4. Bouyer, J., Kaboré, I., Stachurski, F. & Desquesnes, M., 2004. Traitement épicutané du bétail. *Fiche technique de santé animale en Afrique de l'Ouest; Recommandations techniques: Lutte contre les ectoparasites des bovins, 8*, 1-8.
5. Stachurski, F., Adakal, H & Desquesnes, M. 2005. La coudriose : épidémiologie et contrôle. *Fiche technique de santé animale en Afrique de l'Ouest; Fiche synthèse ; CIRDES, BP454 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 11*, 1-8.

6. Bouyer, J., Desquesnes, M., Kaboré, I., Dia, M.L. Cuisance, D. 2005. Piégeage des vecteurs de la trypanosomose. *Fiche technique de santé animale en Afrique de l'Ouest; Fiche synthèse ; CIRDES, BP454 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 13*, 1-8.

## **Supports de cours**

1. First Haemoparasite Diagnostic Training Course. Desquesnes, M. & S. de La Rocque ; Publication CIRAD-EMVT-Guyane, 1994; 32 p.
2. Advanced Haemoparasite Diagnostic Training Course. Desquesnes, M. & Tresse, L. (1995). Publication CIRAD-EMVT-Guyane, août 1995; 46 p.
3. Diagnostic et le contrôle des hémoparasitoses animales et de leurs vecteurs, Cours international de formation théorique et pratique, 05-07 novembre 2001 ; CIRDES BP 454 01 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso ; Editeur Marc Desquesnes (CIRAD-EMVT / CIRDES) 199 pages.
4. Diagnose et contrôle des tabanides et des stomoxes, Cours international de formation théorique et pratique, 10-14 juillet 2000, CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso; Editeur Marc Desquesnes (CIRAD-EMVT / CIRDES) 40 pages.
5. Etudes épidémiologiques des trypanosomoses bovines et suivi-évaluation des campagnes de lutte, Cours international de formation théorique et pratique, 31 mars –12 avril 2003 ; CIRDES BP 454 01 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso ; 140 pages.

### **3. Liste des stages encadrés et formations dispensées**

#### **Techniciens**

Formations de 9 techniciens en entomologie, sérologie et/ou PCR.

Diplôme de technicien à l'ENESA, Laurent Nana : Les pathologies parasitaires en élevage laitier périurbain de Bobo-Dioulasso ; CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 2002 ; soutenu en juillet 2002 ; félicitations du jury.

#### **Maîtrises**

Maîtrise IUP « Génie physiologique – informatique » : Aurélie DESCHAMPS, étudiante à l'Université de Poitiers, UFR sciences fondamentales et appliquées : Mise au point d'une PCR-ELISA pour la détection des espèces pathogènes de trypanosomes chez le bovin ; juin-août 2004 ; soutenue en octobre 2004.

Master de Enfermedades Parasitarias Tropicales ; Universidad de Valencia Espana, Myriam Fatehi : Effets de la dégradation de la végétation riveraine sur les populations de glossines ripicoles dans le bassin du Mouhoun, Burkina Faso ; février-juin 2004.

#### **Thèses de pharmacie**

Thèse de pharmacie, Université de Ouagadougou, Ruth Sawadogo : Effet trypanocide des plantes médicinales du Burkina Faso : Mise au point d'une méthode d'évaluation comparée d'extraits de 4 plantes sur les trypanosomes du bétail en Afrique ; janvier-décembre 2003.

#### **Thèses vétérinaires**

Thèse de Doctorat vétérinaire, Stéphane de La Rocque, Contribution à l'étude de l'épidémiologie des trypanosomoses dans les Guyanes ; Lyon, 1994 ; félicitations du jury.

Thèse de Doctorat vétérinaire, Laurence Goureau, Réalisation d'une enquête épidémiologique sur les hémoparasitoses en Guyane Française, Toulouse, 1994 ; félicitations du jury.

Thèse de Doctorat vétérinaire, Laurent Tresse, Intérêts de la PCR dans le diagnostic des infections actives du bétail par *Trypanosoma vivax* en Guyane Française, Lyon, 1997 ; félicitations du jury.

Thèse de doctorat vétérinaire, Université d'Addis Ababa, Alekaw Sinshaw Tegegne : Epidemiological investigation on mechanically transmitted trypanosomosis (*Trypanosoma vivax*) in domestic animals in three districts bordering lake Tana, Ethiopia; Debre Zeit, Ethiopie, juin 2004.

Thèse de doctorat vétérinaire : Bachir Souley Kouato, étudiant Ecole vétérinaire de Dakar. Mise au point et validation du diagnostic par PCR, PCR-nested et PCR-ELISA sur les ITS des trypanosomes ; août 2004-février 2005 ; soutenu en mars 2005, félicitations du jury.

#### **CEAV**

CEAV, Salif Wane, Essais d'immunisation de bovins contre des antigènes intestinaux de glossines ; CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 2001 ;

CEAV, Solenne Costard, Essais d'immunisation de bovins contre *Glossina palpalis gambiensis* à partir d'antigènes intestinaux de glossines, Montpellier, septembre 2003.

## DESS

DESS productions animales : Cécile Garrain, octobre 1996 : Adaptation du bétail européen en Guyane Française en relation avec les principales pathologies locales, Cayenne, 1996.

DESS productions animales : Frédérique Fevre, août 1999 : Contribution à l'étude de l'épidémiologie des trématodoses du bétail liées aux points d'eau dans la zone de Sidéradougou, Burkina Faso.

DESS productions animales : Halos Lenaïg, 2001 : Lutte contre les glossines au Burkina Faso : influence d'un régulateur de la croissance des insectes, le Triflumuron, sur la compétence vectorielle de deux espèces de glossines riveraines et application à un protocole de lutte ciblée ; CIRDES/ Montpellier II, 2001.

DESS productions animales en régions chaudes, Barbara Descamps ; Essais d'immunisation contre la trypanosomose de bovins zébus, Baoulés et métis du candidat vaccin : la congopaine ; CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 2002.

## DEA

DEA de parasitologie, Stéphane de La Rocque : Contribution à l'étude de l'épidémiologie des trypanosomoses dans les Guyanes ; Cayenne, 1995.

DEA de parasitologie, Barbara Descamps : Diagnostic par PCR sur l'ITS1 de l'ADN ribosomal des trypanosomes ; CIRDES, Burkina Faso, décembre 2002-avril 2003.

DEA de biologie, Astou Gueye : Détection et identification des trypanosomes par une PCR unique ; CIRDES, Burkina Faso, décembre 2002-décembre 2003 ; félicitations du jury.

DEA de biologie, Adama Sow, Application et validation de la PCR et PCR-ELISA pour le diagnostic de la trypanosomose ; Université Cheick Anta Diop Dakar Sénégal, 2004.

## Thèses d'Universités

Thèse de doctorat en Sciences Biologiques Appliquées, option : Biologie et Physiologie animales, Bengaly Zakaria : Pathogénicité comparée de trois types phylogénétiques distincts de l'espèce *Trypanosoma congolense*. Université de Ouagadougou, Décembre 2001.

Thèse de doctorat en Sciences Biologiques Appliquées, option : Biologie et Ecologie animales, Bance Ziro Augustin : Efficacité et rémanence du Triflumuron, inhibiteur de la synthèse de la Chitine sur la Glossine *Glossina palpalis gambiensis* dans une perspective de lutte autocide. Université de Ouagadougou, juin 2003.

Thèse de doctorat en entomologie : Geneviève Acapovi, Service de Lutte contre les tsétsés, Bouaké, Côte d'Ivoire. Importance des vecteurs mécaniques dans la transmission de la trypanosomose dans le Nord de la Côte d'Ivoire ; soutenue en octobre 2005 ;

Thèse de doctorat en sciences vétérinaires : Charles Mahama, Tsetse and Trypanosomiasis Control Unit (TTCU), Pong Tamalé, Ghana. L'impact de l'occupation des sols et des changements environnementaux sur la prévalence et l'incidence de la trypanosomose bovine au Nord du Ghana. Orientation Médecine Vétérinaire. Université de Liège, année académique 2004-2005.

## **Formations collectives organisées et/ou dispensées**

La plupart des participants à ces cours ont été des techniciens, des cadres des services vétérinaires, des étudiants (vétérinaires, pharmaciens, CES, DEA, DESS, doctorants) et des chercheurs.

1. Haemoparasite diagnosis training course : responsable de la formation dans deux sessions d'une semaine au Guyana et au Suriname, 1993 : enseignement des techniques de diagnostic parasitologique des hémoparasitoses du bétail.
2. First Advanced haemoparasite diagnosis training course (19-29 juillet 1995, Cayenne, Institut Pasteur) : responsable de l'enseignement théorique et pratique des techniques de diagnostic des trypanosomoses du bétail par ELISA et PCR.
3. Second Advanced haemoparasite diagnosis training course (janvier 1996, Cayenne, Institut Pasteur) : responsable de l'enseignement théorique et pratique des techniques de diagnostic des trypanosomoses du bétail par ELISA et PCR.
4. Primero curso internacional para graduados sobre diagnostico y control de hemoparasitos y sus vectores, (18-23 Octobre 1999, Université Romula Gallegos); Les trypanosomoses : généralités, techniques de diagnostic, épidémiologie et contrôle, étude des insectes piqueurs vecteurs mécaniques.
5. Cours international de formation: "Diagnostic et contrôle des trypanosomoses animales" (14-25 février 2000, CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso) ; responsable du cours.
6. Cours international de formation: "Diagnose et contrôle des tabanides et des stomoxes" (10-14 juillet 2000, CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso) ; co-organisateur avec le Dr Lane FOIL (Université de Louisiane) : Tabanides et stomoxes : morphologie, biologie, utilisation des clefs de diagnose; capture et modes de contrôle.
7. Cours international de formation: "Diagnostic et contrôle des hémoparasitoses animales et leurs vecteurs" (5-17 novembre 2001, CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso) ; responsable du cours.
8. Cours international de formation: "Diagnostic et contrôle des hémoparasitoses animales et leurs vecteurs" (25 mars au 5 avril 2002, CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso) ; responsable du cours.
9. Cours international de formation: "Etudes épidémiologiques des trypanosomoses bovines et suivi-évaluation des campagnes de lutte" (31 mars - 11 avril 2003, CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso) ; co-organisateur du cours ; responsable des parties diagnostic et épidémiologie.
10. Cours à l'attention des cadres et techniciens des services vétérinaires : « Etude épidémiologique et méthodes de contrôle de la trypanosomose bovine » ; 8-9 décembre 2003, Pong Tamalé, Ghana.





## 4. Bilan des activités de recherches

La trajectoire générale de ma carrière a jusqu'alors été simple, avec une première expérience en parasitologie générale du bétail et en particulier sur les tiques et maladies transmises en Nouvelle Calédonie ; une seconde sur les maladies vectorielles du bétail dont une étude spéciale des trypanosomoses et leurs vecteurs en Guyane française, avec extension au plateau des Guyanes, et enquête dans l'ensemble de l'Amérique Latine ; et une troisième expérience au Burkina Faso et dans les pays avoisinants, sur l'étude des hémoparasitoses et surtout la trypanosomose du bétail transmise mécaniquement.

Dans tous les cas j'ai été naturellement appelé à étudier la morphologie et la biologie des parasites et de leurs vecteurs, les méthodes de diagnose et de diagnostic, l'épidémiologie des maladies transmises et les modes de lutte contre les parasite et leurs vecteurs. Mes travaux de recherche ont donc porté sur l'ensemble de ces domaines, et ont dans la plupart des cas été réalisés en collaboration avec d'autres chercheurs, ou étudiants-chercheurs.

L'ordre logique voulant que les outils fussent évalués et validés avant d'être utilisés, les premiers travaux portèrent sur les techniques de diagnostic, qui furent ensuite appliquées aux études épidémiologiques ; les travaux sur les techniques de contrôle et de lutte furent menés en parallèle.

### Le diagnostic

Lorsque j'ai abordé l'étude des trypanosomoses animales en Guyane française, j'ai été aussitôt confronté - tant dans mes recherches bibliographiques que mes collectes d'information auprès des collègues, ou mes propres observations - aux difficultés de leur diagnostic, et à la confusion générale qui régnait sur le terme de « trypanosomose » qui, selon les cas, désignait un état infectieux, une maladie, ou les deux. Ma formation m'indiquait sans équivoque que la « trypanosomose-maladie » est caractérisée par un état général altéré, une température corporelle augmentée ou dramatiquement effondrée, une valeur d'hématocrite en chute etc, alors que la « trypanosomose-infection » n'est caractérisée que par la présence d'un parasite dans l'organisme (associé ou non à la maladie). Cette confusion entre maladie et infection qui se retrouvait sous le terme - réducteur mais aussi trompeur - de « trypanosomose », sous la plume de scientifiques de renom, était probablement consécutive au fait que, souvent, les personnes qui ordonnent les diagnostics - pressées d'obtenir des chiffres exploitables - ne prennent pas le temps ou la peine de bien connaître la signification des résultats des tests utilisés avant d'en tirer des conclusions. Il en résulte une simplification quasi systématique qui ne surprend ni ne déconcerte plus personne, sauf les plus attentifs. Ainsi, il est banal et fréquent autant qu'erroné et trompeur de lire, lorsqu'il a été détecté environ 8% d'animaux positifs au test de Murray dans un lot d'échantillons : « la prévalence de la trypanosomose dans la population bovine est de 8,14 +/- 1,27% »...

Au moment où je découvrais la problématique du diagnostic des trypanosomoses bovines, une nouvelle épreuve enzymatique de détection des antigènes de trypanosomes (Ag-ELISA) voyait le jour à l'ILRAD<sup>1</sup> - probablement le plus grand laboratoire de recherche dans la spécialité - où je recevais une formation, par ailleurs fort instructive, sur les techniques de diagnostic des hémoparasitoses, et en particulier de la trypanosomose. Bien que les auteurs du test le proclamassent 100% spécifique et 100% sensible (j'appris par la suite l'incongruité de ces assertions), les premiers résultats de ces épreuves immuno-enzymatiques m'indiquant notamment la présence de *Trypanosoma congolense* chez les bovins de Guyane Française, une pointe de scepticisme stimula ma curiosité.

Abordant l'ensemble de ces questions d'un œil neuf, je conclusais qu'il était nécessaire de rappeler plusieurs points importants :

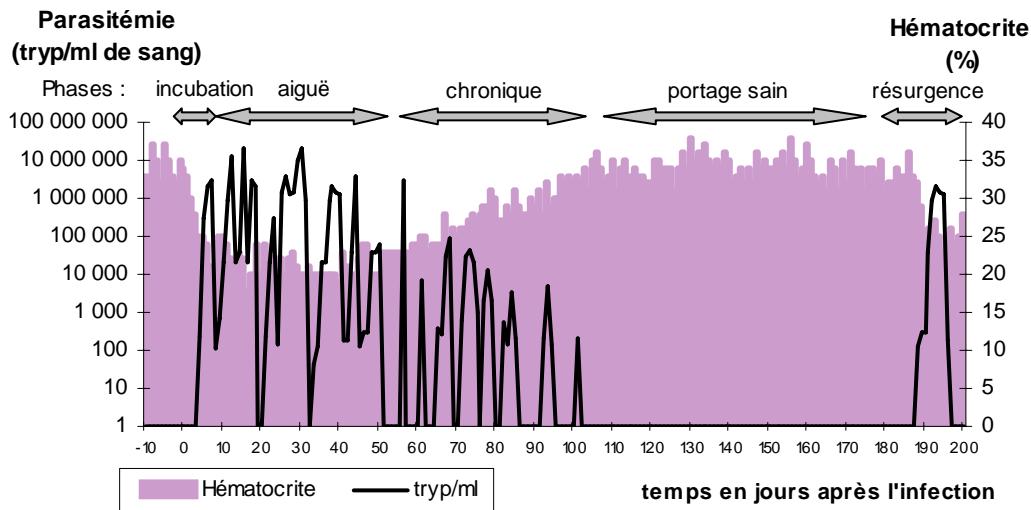
- le portage d'un parasite ne signifie pas que le porteur est malade, ne signifie donc pas non plus que la présence du parasite engendre des pertes économiques et ne justifie donc pas obligatoirement la mise en place d'une lutte ;
- la nature du marqueur détecté, la sensibilité et la spécificité du ou des tests utilisés dans une enquête, la situation épidémiologique investiguée elle-même - de même que les méthodes d'échantillonnage - conditionnent les résultats, donc l'analyse, et par suite la définition et la compréhension d'une situation épidémiologique ; il convient en conséquence de les maîtriser parfaitement.

Ainsi mes premiers travaux visèrent à établir les performances des tests que j'allais utiliser ce que je fis par diverses expériences et mesures en conditions contrôlées. La sensibilité des tests parasitologiques (Woo et Murray) était très controversée dans la littérature scientifique ; notre évaluation indiqua qu'elle variait selon le technicien mais dans une fourchette acceptable et qu'elle se situait à environ 100-200 trypanosomes par ml de sang pour *T. vivax* chez les ruminants ; sur un plan purement probabiliste, la sensibilité du test varie selon le niveau de parasitémie comme nous le quantifiâmes (**tableau 1**) (Desquesnes et Tresse, 1996). Nous établîmes d'autre part que, selon les phases pendant lesquelles les échantillons sont collectés (incubation, phase invasive ou secondaire ou portage sain), la sensibilité apparente du test parasitologique peut varier de 100% à 0% en passant par des valeurs intermédiaires pendant la phase chronique (**figure 1**). Ces éléments d'une grande simplicité nous amenèrent à souligner que la caractéristique principale d'un test, sa sensibilité - très généralement et par souci de simplification considérée comme une constante intrinsèque du test - varie sur les plans individuel et collectif. Sur le plan individuel, elle varie selon le stade d'évolution de l'infection, d'une valeur très faible ou nulle en phase d'incubation ou de portage sain, à une valeur élevée en phase invasive et faible en phase chronique. Sur le plan collectif, elle varie selon la situation épidémiologique d'une valeur élevée, en situation épizootique, à faible en situation enzootique. Il apparaissait dès lors que le résultat brut, 8,14 +/-1,27%, ne pouvait en aucun cas être annoncé comme étant la « prévalence de la trypanosomose » - ni maladie, ni infection – mais nécessitait l'éclairage d'autres tests et le recoupement d'autres informations, pour permettre d'estimer les paramètres principaux de l'infection et de sa stabilité relative dans la population étudiée, ainsi que ceux de la maladie et son impact économique.

**Tableau 1 : Sensibilité du test de Woo selon la parasitémie à *T. vivax* chez le mouton**

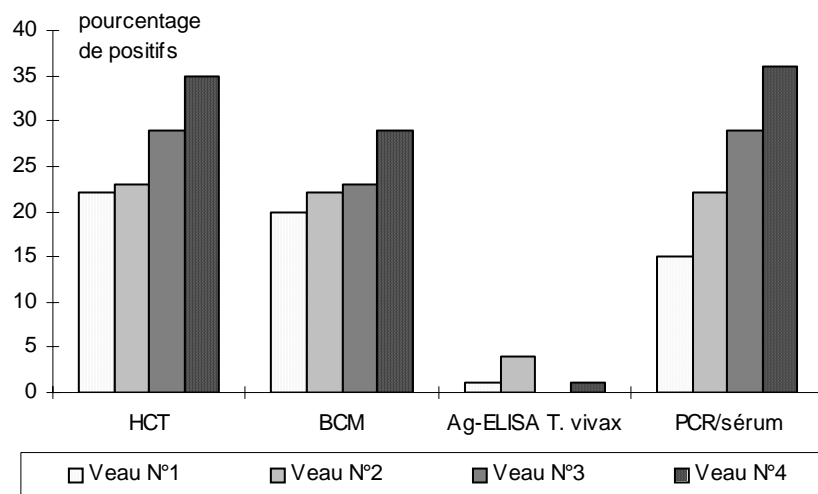
Parasitémie (nombre de <i>T. vivax</i> / ml de sang)	Rapport du nombre d'échantillons positifs / nombre total d'échantillons	Sensibilité du test
> 700 +/- 90	24 / 24	100%
de 265 +/- 35 à 700 +/- 90	19 / 24	79%
de 57 +/- 7 à 265 +/- 35	11 / 24	46%
< 57 +/- 7	2 / 36	négligeable

<sup>1</sup> International Livestock Research on Animal Diseases ; Nairobi, Kenya



**Figure 1 : Evolution de la parasitémie et de l'hématocrite selon les phases d'une infection à *T. vivax* chez le mouton**

Les nouvelles épreuves Ag-ELISA produites à l'ILRAD pour la détection des antigènes de trypanosomes, basées sur des anticorps monoclonaux - très en vogue à ce moment - semblant satisfaire l'ensemble de la communauté scientifique, je m'empressais d'obtenir les réactifs, le protocole et la formation permettant de les appliquer à l'enquête que j'entreprenais en Guyane française. L'évaluation des trois Ag-ELISA de *T. vivax*, *T. brucei* et *T. congolense* révéla malheureusement des performances radicalement différentes de celles qui avaient été annoncées (Desquesnes, 1996). Pratiqués en conditions contrôlées, ou en aveugle entre d'autres mains, les Ag-ELISA n'étaient pas spécifiques d'espèce, et étaient moins sensibles qu'un simple diagnostic parasitologique (**figure 2**). Nous obtenions ainsi des prévalences élevées d'antigènes de *T. congolense* et de *Trypanozoon* chez les bovins de Guyane, et des réponses positives aux 3 tests avec une très faible sensibilité pour la détection de *T. vivax* chez un animal pourtant expérimentalement infecté par *T. vivax* (**figure 3**) (Desquesnes et La Rocque 1995). La communauté scientifique utilisant déjà largement ces tests en Afrique - et en tirant des conclusions épidémiologiques - voyait nos résultats d'un mauvais œil et exigea à plusieurs reprises vérifications et reproductions de nos tests. Sans le soutien de personnalités scientifiques de poids, ces découvertes eurent été englouties dans les projets de publications rejetés par des revues scientifiques internationales pourtant bien cotées.



**Figure 2 : Comparaison de la sensibilité de 4 tests chez 4 veaux expérimentalement infectés par *T. vivax*, suivis quotidiennement pendant 2 mois après l'infection**

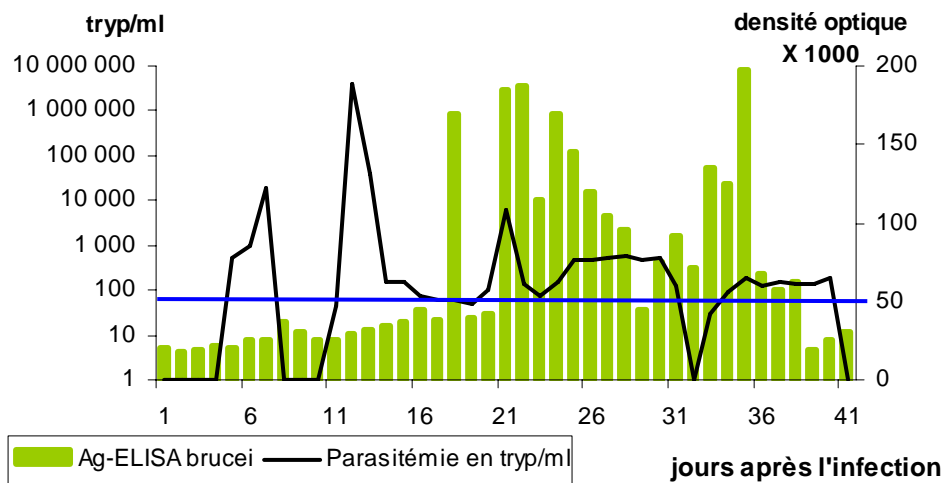


Figure 3 a : Ag-ELISA *T. brucei*

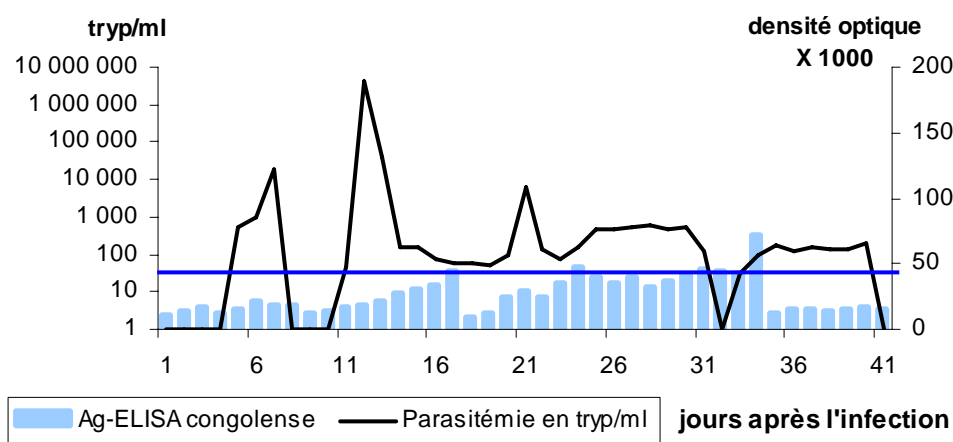


Figure 3 b : Ag-ELISA *T. congolense*

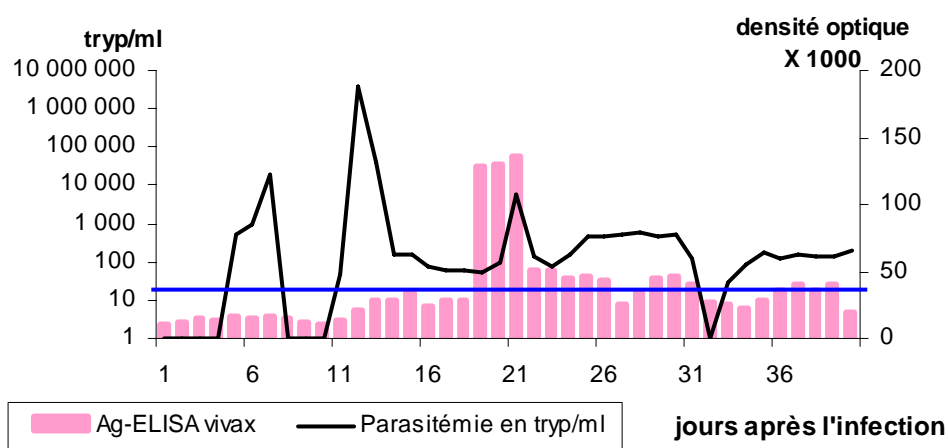
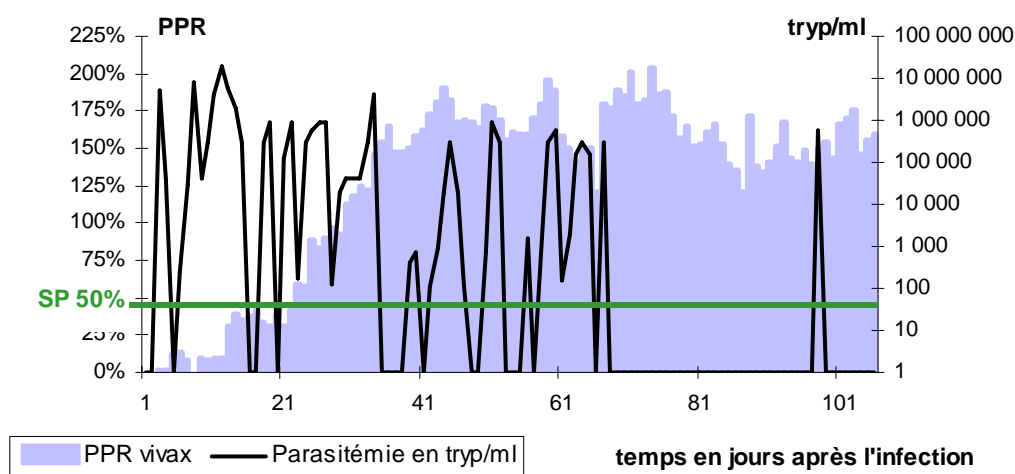


Figure 3 c : Ag-ELISA *T. vivax*

Légende : la ligne bleue figure le seuil de positivité du test

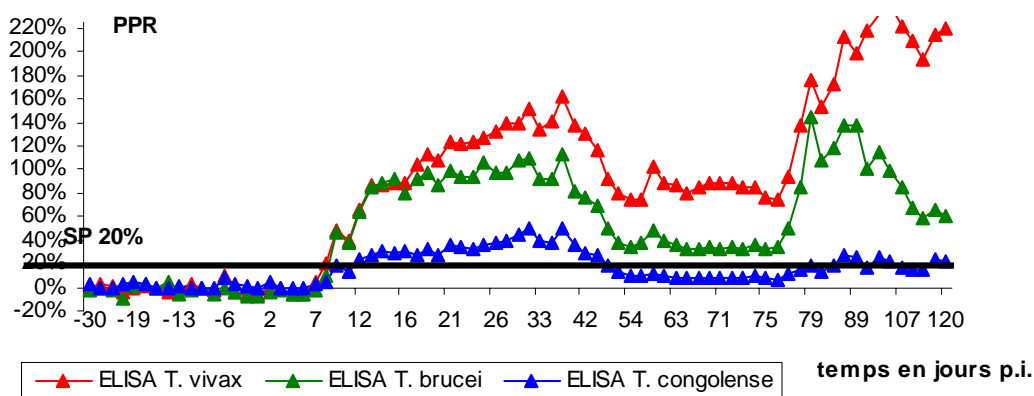
Figure 3 : Evolution de la parasitémie et du score de densité optique des antigène-ELISA *T. brucei* (a), *T. congolense* (b) et *T. vivax* (c) chez un veau expérimentalement infecté par *T. vivax*

Je réévaluai d'autre part les performances des épreuves ELISA-indirectes - en voie de passer aux oubliettes avec le développement des fameuses antigène-ELISA - et je pus établir les excellentes performances de ces tests de détection des anticorps capables de détecter une infection après seulement 2 à 3 semaines d'incubation et restant positifs aussi longtemps que les animaux restaient porteurs des parasites, même pendant de très longues phases dites « aparasitémiques » (**figure 4a**). Dans des travaux ultérieurs menés au Burkina Faso, par la standardisation des 3 systèmes ELISA *T. vivax*, ELISA *T. brucei* et ELISA *T. congolense*, il fut même possible de proposer une interprétation des résultats selon les scores de positivité relatifs aux trois tests, qui est plus élevé dans le système homologue que dans les systèmes hétérologues (**figure 4b**). Dans ces conditions nous obtenions un gain de spécificité très important (**tableau 2**) (Desquesnes *et al*, 2001). D'autres travaux nous permirent d'établir à 3-4 mois la persistance des anticorps en ELISA *T. vivax* après un traitement stérilisant chez des bovins infectés naturellement par *T. vivax* (Desquesnes *et al*, 2003).



Légende : PPR : pourcentage de positivité relative : c'est une expression de la densité optique de l'échantillon modulée par les résultats fournis par les témoins positif et négatif.

**Figure 4a : Evolution du score de l'ELISA-indirecte *T. vivax* au cours d'une infection expérimentale chez le mouton**



Commentaire : on voit que le score en système homologue est presque toujours plus élevé qu'en système hétérologue, ce qui permet une interprétation spécifique d'espèce au vu des résultats aux 3 tests.

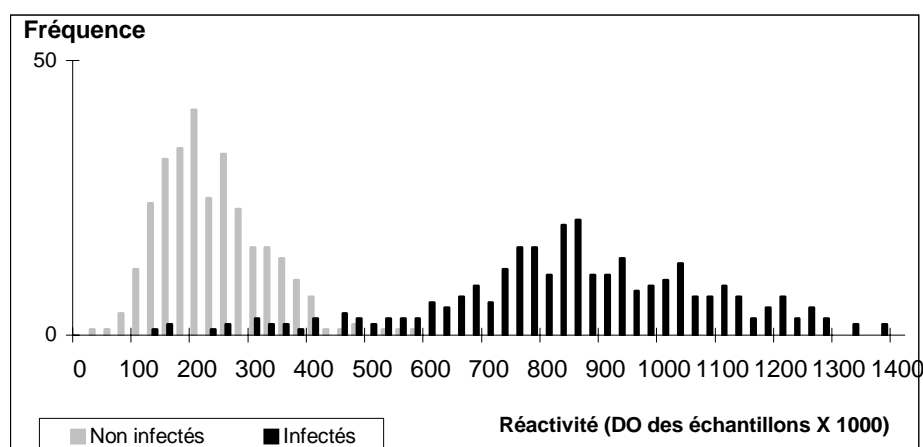
**Figure 4b : Evolution des PPR en système homologue (ELISA-*T. vivax*) ou hétérologues, chez un mouton infecté par *T. vivax***

**Tableau 2 Sensibilité et spécificité des ELISA-indirectes trypanosomes avec l'interprétation selon le score maximal de positivité aux 3 tests**

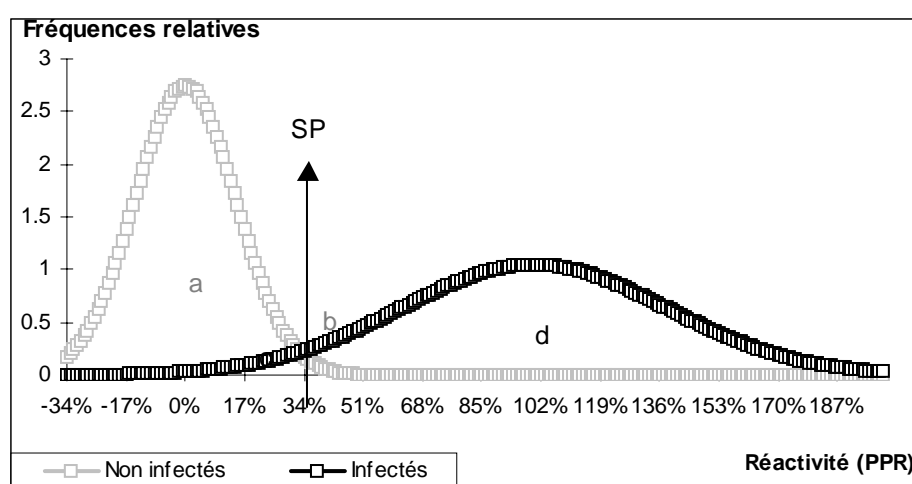
groupes d'infection	Sensibilité des tests homologues	Spécificité de l' ELISA <i>T. vivax</i>	Spécificité de l' ELISA <i>T. brucei</i>	Spécificité de l' ELISA <i>T. congolense</i>
V	<b>94,3%</b> ELISA <i>T. vivax</i>	***	98,0%	100%
B	<b>92,7%</b> ELISA <i>T. brucei</i>	100%	***	97,0%
C	<b>93,3%</b> ELISA <i>T. congolense</i>	98,3%	96,3%	***
N	***	100%	99,7%	100%

Légende : en gras : tests homologues; en italique : tests hétérologues; normal : spécificité chez des moutons non infectés

Enfin il était capital de bien standardiser les épreuves ELISA-indirectes pour obtenir des résultats reproductibles et comparables, et donc fiables, aussi je proposai – au travers d'une modélisation mathématique des résultats et caractéristiques des ELISAs - des protocoles affinés et des méthodes pour la standardisation qui contribuèrent à faire des ELISA des outils de la plus haute utilité pour la réalisation d'enquêtes épidémiologiques, en particulier sur les trypanosomoses (**figure 5**) (Desquesnes, 1997).



**Figure 5a : Distribution des ELISA-indirecte *T. vivax* chez des bovins infectés ou non**



Légende : a : vrai négatifs ; b faux positifs, c : faux négatifs ; d : vrais positifs

**Figure 5b : Modélisation de la distribution des scores en ELISA-indirecte dans une population et détermination du seuil de positivité optimal en PPR (pourcentage de positivité relatif)**

**Figure 5 : Modélisation de la distribution des scores en ELISA-indirecte *T. vivax* dans une population bovine, et détermination du seuil de positivité**

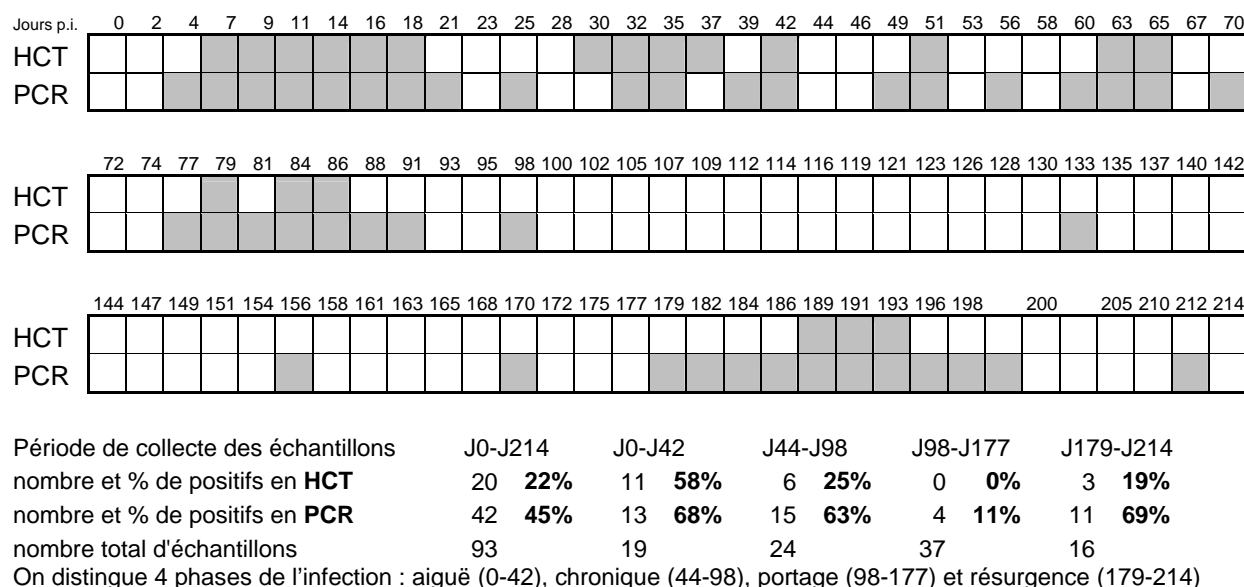
De très bonnes connaissances des performances et des propriétés d'un test sont essentielles pour l'appliquer judicieusement et interpréter correctement ses résultats. Compte tenu de la faible sensibilité des tests parasitologiques, les ELISA-indirectes étaient les seules épreuves permettant d'estimer l'importance du contact hôte-trypanosomes dans une population, et, selon la précision des données collectées (âge des animaux, date du dernier traitement trypanocide, valeur de l'hématocrite, etc) et l'intervalle entre deux prélèvements (4 à 6 mois environ), une analyse conjointe des résultats de la parasitologie et des ELISA-indirectes apportait un éclairage réciproque permettant d'affiner considérablement l'interprétation des situations épidémiologiques.

Toutefois, la sensibilité très limitée de la détection de l'infection active par la parasitologie nous conduisit vers la technique plus moderne et sensible - malheureusement aussi plus coûteuse - qu'est la PCR. Ici encore l'évaluation de la sensibilité dut être réalisée car on entendait et lisait toutes sortes de chose sur la PCR, comme chaque fois qu'une nouvelle technologie se développe, et que certains tentent de se l'approprier en vantant ses qualités plus qu'il n'est raisonnable de le faire. Nous établissions alors que, dans des conditions économiquement réalistes pour les investigations vétérinaires collectives que nous pratiquions, le seuil de sensibilité de la PCR était de l'ordre de 2 à 40 trypanosomes par ml de sang (**tableau 3**). Ce seuil, meilleur que celui de la parasitologie, ne permet toutefois pas de détecter toutes les infections puisqu'un animal en phase de portage sain peut demeurer sous ce seuil pendant de longs mois, donnant dans ce cas une sensibilité absolument nulle à la PCR.

**Tableau 3 : Sensibilité de la PCR *T. vivax* (TVW1 & 2) selon le mode de préparation des échantillons, coût et temps de préparation**

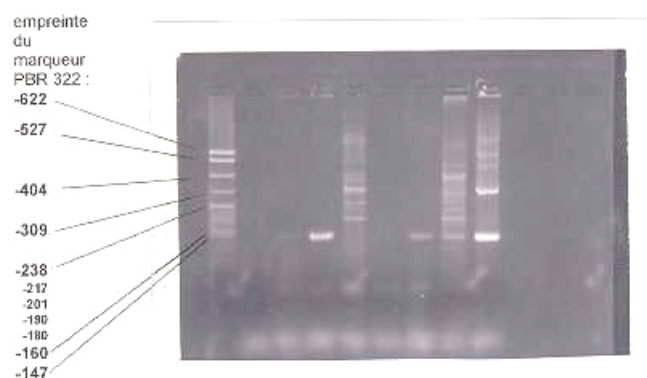
Sensibilité au seuil de (trypanosomes/ml):	plasma	culot de plasma	sang lysé	buffy coat	ADN purifié
<b>442 +/- 60</b>	94%	100%	100%	100%	100%
<b>44 +/- 6</b>	64%	100%	67%	100%	100%
<b>9 +/- 1,3</b>	57%	<b>98%</b>	50%	85%	100%
<b>2 +/- 0,3</b>	49%	90%	43%	73%	<b>100%</b>
<b>coût de la préparation*:</b>	0,21 €	0,20 €	0,33 €	0,27 €	0,84 €
<b>temps de manipulation:</b>	1 min.	3 min.	6 min.	3 min.	4 min.
<b>temps d'attente cumulés:</b>	10 min.	25 min.	75 min.	5 min.	44 min.

En réalité il faut distinguer (1) la sensibilité de la PCR pour détecter l'ADN - qui est très élevée puisqu'une unique molécule d'ADN présente dans un tampon approprié peut être détectée – (2) la sensibilité du test pour détecter l'ADN dans des échantillons biologiques - qui est déjà nettement moindre du fait de la présence d'inhibiteurs et de la limitante que représente le volume de l'échantillon testé (corrélé positivement au prix de revient de la réaction)-, mais surtout (3) la sensibilité du test pour détecter l'infection chez les animaux. Cette dernière - qui est par ailleurs la seule intéressant l'épidémiologiste - peut être occasionnellement très faible voire nulle. Ainsi, chez un même animal, la sensibilité de la PCR pour détecter l'infection peut varier, selon la phase de l'infection, d'environ 10% en phase dite « aparasitémique », à environ 70% pendant les phases les plus aiguës, en passant par des valeurs intermédiaires pendant les phases secondaires. Ainsi, sur l'ensemble d'un suivi expérimental de 214 jours d'un mouton infecté par *T. vivax* la sensibilité moyenne de la PCR a été de 45% (non publié) (**figure 6**). Bien que dans le même temps l'examen parasitologique offre un panel de sensibilité allant de 0% à 58% avec une moyenne de 22%, ces éléments portent à la prudence et la circonspection, même avec l'outil « hyper-performant » qu'est la PCR.



**Figure 6 : Résultats comparés de l'examen parasitologique et de la PCR, et valeurs de leur sensibilité selon la phase de l'infection par *T. vivax* chez un mouton**

Nos premiers travaux de recherche dans ce domaine visèrent donc à définir une méthode de préparation des échantillons la plus rentable possible en termes de rapport coût/sensibilité ; nous arrê tâmes nos propositions au culot de centrifugation de plasma et/ou au traitement du buffy coat au Chelex<sup>ND</sup>, avec une sensibilité de l'ordre de 20-50 trypanosomes par ml de sang, par une PCR pratiquée dans un volume de 10-20µl avec les amorces mono-spécifiques décrites par Masiga *et al*, 1992 (**figure 7**) (Desquesnes et tresse, 1996).



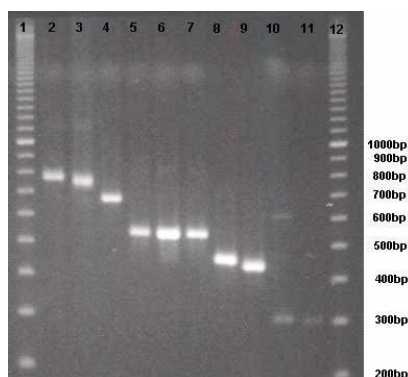
Légende : de gauche à droite C1 : marqueur moléculaire C2 : témoin négatif, C3 à C7 échantillon infecté subissant divers modes de préparation : C3 : plasma, C4 : culot de plasma ; C5 : sang lysé ; C6 : sang hépariné ; C7 : buffy coat ; C8 : ADN purifié ; témoin positif.

**Figure 7 : Comparaison de plusieurs méthodes de préparation des échantillons pour la PCR à partir du sang de mouton infecté**

Dans un second temps, nous avons souhaité réduire le coût de la PCR en développant un système poly-spécifique qui éviterait de procéder jusqu'à 5 PCR par échantillon chez les bovins ou les glossines, et permettrait de détecter éventuellement d'autres espèces de trypanosomes potentiellement présents dans les échantillons. Nous avons pour ce faire initié, au travers d'une collaboration multidisciplinaire et multi-institutionnelle réalisée avec l'IRD (G. Cuny & S. Ravel), le CIRAD (J-C Maillard et S. Thévenon), l'institut Fiocruz (A. Davila) et plusieurs étudiants reçus et encadrés au CIRDES (informaticiens, vétérinaires, biologistes), une étude sur le développement d'un système de diagnostic par PCR basé sur l'amplification de l'espaceur interne transcrit n°1 (ITS1) de l'ADN ribosomal des trypanosomes, fondé sur des travaux préliminaires de l'équipe de McLaughlin *et al* (1996). Dans ce système les amorces étant situées dans des zones

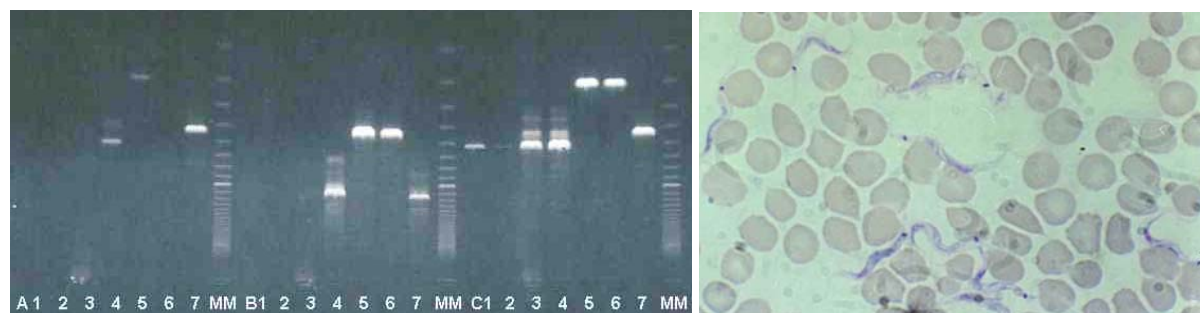


hautement conservées des gènes 5.8S et 18S, l'amplification de l'ITS1 peut être réalisée pour toutes les espèces de trypanosomes avec un unique jeu d'amorces, d'où le terme de PCR pan-trypanosomes. Cette méthode exploite le fait que la longueur de l'ITS1 est stable à l'intérieur d'une espèce, mais variable selon les espèces, et il fut tout d'abord vérifié que toutes les espèces d'intérêt vétérinaire étaient détectées et différenciées par cette technique (Desquesnes *et al*, 2001) (**figure 8a**). Par la suite plusieurs jeux d'amorces furent développés et évalués dans divers systèmes depuis la PCR directe jusqu'à la PCR-ELISA en passant pas la PCR-nested. Dans un premier temps, un jeu d'amorce ne réagissant qu'avec les trypanosomes et permettant de détecter un trypanosome commensal du rat (*T. lewisi*) avec une très bonne sensibilité fut fortuitement découvert (TRYP1 R & S) (**figure 8b**); son application pour vérifier l'état sanitaire de colonies de rat sera fort utile (Desquesnes *et al* 2002).



Légende : de gauche à droite : *T. congolense* C1 : type Kilifi ; C2 : savane ; C3 : forêt, C4 à 6 : *Trypanozoon* ; C7 : *T. theileri* ; C8 : *T. simiae* ; C9 et 10 *T. vivax*

**Figure 8a : Produits d'amplification de l'ITS1 (amorces Kin 1 et 2) des trypanosomes**



Légende du gel: de droite à gauche : MM : marqueur moléculaire, C7 : *T. brucei* ; C6-5 : *T. vivax* ; C4 à 1 *T. lewisi* issus de 4 prélèvements de buffy coat de rats ; A : amorces Kin1 & 2 ; B : amorces IR1 & 2 ; C : amorces Tryp1 & 2. On voit que les amorces TRYP1 & 2 permettent de détecter l'ADN de *T. lewisi* dans les 4 échantillons alors que les autres amorces semblent être en limite de sensibilité.

Figure : forme adulte de *T. lewisi* caractérisée par une extrémité postérieure longue et effilée avec kinétoplaste ovale et sub-terminal ; noyau situé dans la partie antérieure du corps ; flagelle partiellement libre.

**Figure 8b : Détection de *Trypanosoma lewisi* par amplification de l'ITS1 par PCR (à gauche), et par observation microscopique sur frottis (à droite)**

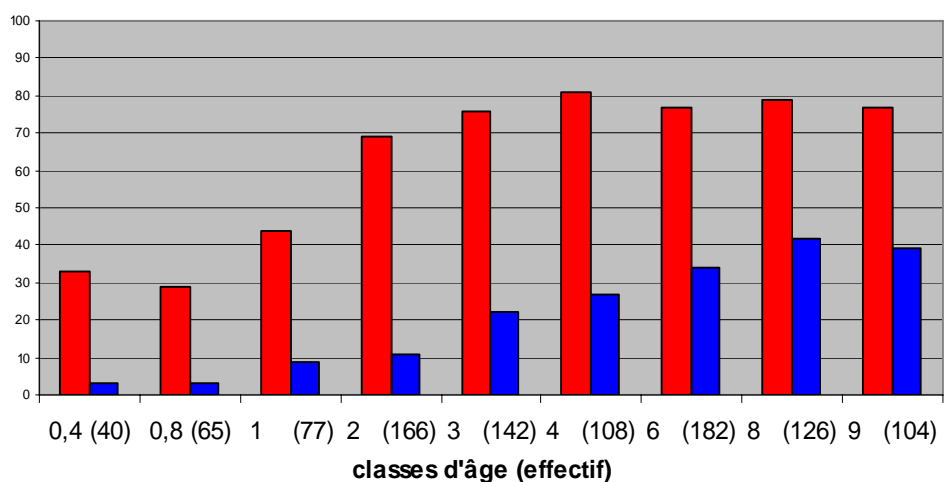
Les PCR sur ITS1 furent comparées à celle du « gold standart » que sont les PCR mono-spécifiques basées sur l'amplification d'ADN satellite décrites par Masiga *et al* 1992, pour les types, espèce ou genre : *T. congolense* types savane, forêt et Kilifi, *T. vivax* et *Trypanozoon*. Les performances des tests basés sur les ITS1 sont différentes de ces dernières, avec une bonne spécificité mais une sensibilité tantôt plus faible tantôt meilleure, selon les espèces. Ainsi les premières amorces utilisées (KIN) présentaient une bonne sensibilité pour détecter *T. congolense* mais pas pour *T. vivax* du fait d'une homologie de séquence seulement partielle. D'autres amorces plus spécifiques et destinées à la détection

des trypanosomes pathogènes seuls présentaient des performances inverses. Malheureusement aucun des jeux et/ou systèmes testés n'a présenté une bonne sensibilité pour les 2 espèces en même temps. Il est très difficile de trouver des conditions optimales pour toutes les espèces en même temps (la taille et la composition du segment à amplifier influant sur le déroulement de la réaction), en conservant une haute spécificité, qui concurrence des tests dont les niveaux de répétition des séquences cibles sont très élevés (10 à 20.000 fois pour l'ADN satellite contre 200 à 500 répétition seulement pour les ITS1). Au terme de ces études, un jeu d'amorces directes donnant des résultats globalement satisfaisants a été arrêté permettant de détecter la plupart des infections détectables par les amorces mono-spécifiques, mais également celle d'autres espèces de trypanosomes (*T. theileri*, *T. simiae*, etc) (Souley Kouato, 2005).

Finalement, avec mes collègues chercheurs, vétérinaires doctorants, étudiants en CES, DEA, DESS, nous fûmes amené à réévaluer ou passer en revue l'ensemble des techniques de diagnostic disponibles pour l'étude des trypanosomoses, et, par les recherches bibliographiques, l'expérience et la modélisation, nous apportâmes des informations claires et précises sur les performances des divers tests disponibles qui furent traduites sous formes de publications scientifiques\*, d'enseignements directs\*\* et de supports de cours écrits ou sous forme de diaporamas. En particulier deux publications sont des revues des techniques ELISA-indirecte (Desquesnes 1997) et de la PCR (Desquesnes et Davila 2002) pour le diagnostic des trypanosomoses.

Forts de ces diverses informations nous pûmes proposer des méthodologies de collecte et d'interprétation de données permettant d'évaluer la prévalence des infections, celle des maladies, l'incidence annuelle des infections (dans la strate d'âge des animaux de 1 an), le taux d'auto-guérison annuel, l'importance relative des 3 espèces de trypanosomes dans la population, etc. (**figures 9**) et finalement porter des diagnostics de situations épidémiologiques suffisamment précis pour évaluer l'impact de la maladie et proposer des modalités de contrôle adaptées.

#### séroprévalences



**Figure 9 : Prévalences sérologiques de *T. vivax* (rouge) et *T. congolense* (bleu) par classes d'âge de la population bovine à Sidéradougou, Burkina Faso**

Ces observations, à l'échelle d'une population, nous apprennent à considérer, le diagnostic parasitologique ou par PCR à l'image d'un iceberg, dont les fluctuations verticales correspondent à l'alternance des périodes épizootiques (émergence de l'iceberg) et enzootiques sub-cliniques (enfouissement de l'édifice glacé sous les eaux) et dont l'ELISA-indirecte permet de mesurer le volume global (degré de pénétration du parasite au sein de la population hôte).

## L'épidémiologie

Le diagnostic est par excellence l'outil de base des études épidémiologiques puisque c'est sur les résultats d'enquêtes que les hypothèses et/ou les diagnostics de situations épidémiologiques sont posés. Chargé de mettre en place une enquête épidémiologique en Guyane Française - que j'étendais à l'ensemble des Guyanes – et par la suite au Burkina Faso, et de contribuer à des enquêtes en Côte d'Ivoire, au Ghana et au Chad, j'organisais ou participais à l'organisation d'enquêtes transversales et longitudinales permettant de définir les situations, mais surtout de connaître les modalités des diverses situations épidémiologiques des trypanosomoses bovines. Ces travaux inclurent des enquêtes de terrain (clinique et entomologiques) avec anamnèses larges (clinique, thérapeutique, pathologique, entomologique, etc), d'éventuelles enquêtes / prélèvements entomologiques, des échantillonnages, des prélèvements et d'éventuels suivis, et enfin des diagnostics posés la plupart du temps sur le terrain pour la parasitologie, et au laboratoire pour les ELISA et la PCR.

Ces études nous ont notamment permis de faire le point sur les situations épidémiologiques des trypanosomose à *T. evansi* et surtout à *T. vivax* dans les Guyanes.

### Les travaux sur *T. evansi*

La situation épidémiologique de *Trypanosoma evansi* a été étudiée, bien que plus difficilement que celle de *T. vivax* car sa présence est beaucoup plus rare et les éleveurs réticents à déclarer l'infection. Toutefois, on a pu établir que la situation est pleinement enzootique chez les chevaux au Venezuela du fait d'une implantation très ancienne, enzootique en Colombie et au Brésil avec un réservoir chez les buffles, et une extension géographique très récente dans le Pantanal. Elle semble limitée aux bovins et chevaux des savanes intérieures du Rupununi au Guyana, sans toucher l'élevage de la côte. Au Surinam le parasite a été détecté chez des petits ruminants et des cas cliniques observés chez les chiens mais aucun cheval n'a été trouvé infecté. En Guyane française le parasite n'a été trouvé que chez des chiens de chasse qui ont agit comme animaux sentinelles, révélant l'infection dans la faune sauvage, mais aucun signe clinique ou sérologique probant n'a pu être enregistré chez les chevaux ou chez d'autres animaux domestiques (**figure 10**). Cette brève revue montre que les situations épidémiologiques de la trypanosomose à *T. evansi* en Amérique Latine sont hétérogènes et par voie de conséquence, globalement très instables. L'aire de répartition est incertaine mais on peut soupçonner sa présence au moins jusqu'au Mexique.

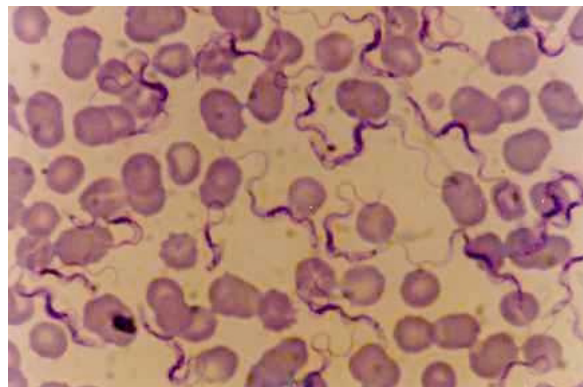


Figure 10 : *T. evansi* chez un chien de chasse en Guyane Française

Ultérieurement, lors de mon affectation au Burkina Faso, je participais aux travaux de M. L. Dia visant à comparer la pathogénicité de diverses souches de *T. evansi* sur le bétail ouest-africain.

Nous observions tout d'abord que la présence des parasites dans le sang des bovins est faible et fugace, voire indétectable, mais bien réelle, puisque les examens sérologiques montraient une croissance et une persistance des anticorps en l'absence de traitement, alors qu'ils chutaient rapidement après traitement au Cymélarsan<sup>ND</sup> (0,5mg/kg). Il faut en conclure que les parasitémies sont très basses et/ou que le parasite quitte rapidement le compartiment sanguin. Toutefois, bien qu'indétectable par l'examen parasitologique, l'infection est effective et durable, comme l'indique la présence persistante d'anticorps.

Nous n'observions pas de différence significative entre les effets pathogènes, tous assez peu prononcés, de deux souches de *T. evansi* originaires d'Asie (Rotat 1 /2 isolée sur buffle) et d'Afrique (isolée sur des dromadaires au Nord du Burkina faso). Toutefois, la tendance de ce parasite à quitter le torrent sanguin pour s'implanter dans divers organes et dans le système hémato-méningé rend difficile l'évaluation de l'impact de l'infection. Ainsi, la mort de certains animaux pendant l'expérience n'a pas pu être rapportée avec certitude à la trypanosomose.

Enfin, ces expériences ont montré l'efficacité du traitement pour éliminer l'infection à *T. evansi* chez le bovin ; ceci pourra s'avérer fort utile dans certaines circonstances, en particulier pour le contrôle des infections des animaux soupçonnés d'être à l'origine de contaminations humaines à *T. evansi*, récemment décrites en Asie (OMS) ; les travaux de P. Truc rapportent par ailleurs que ce traitement a également été efficace chez l'homme.

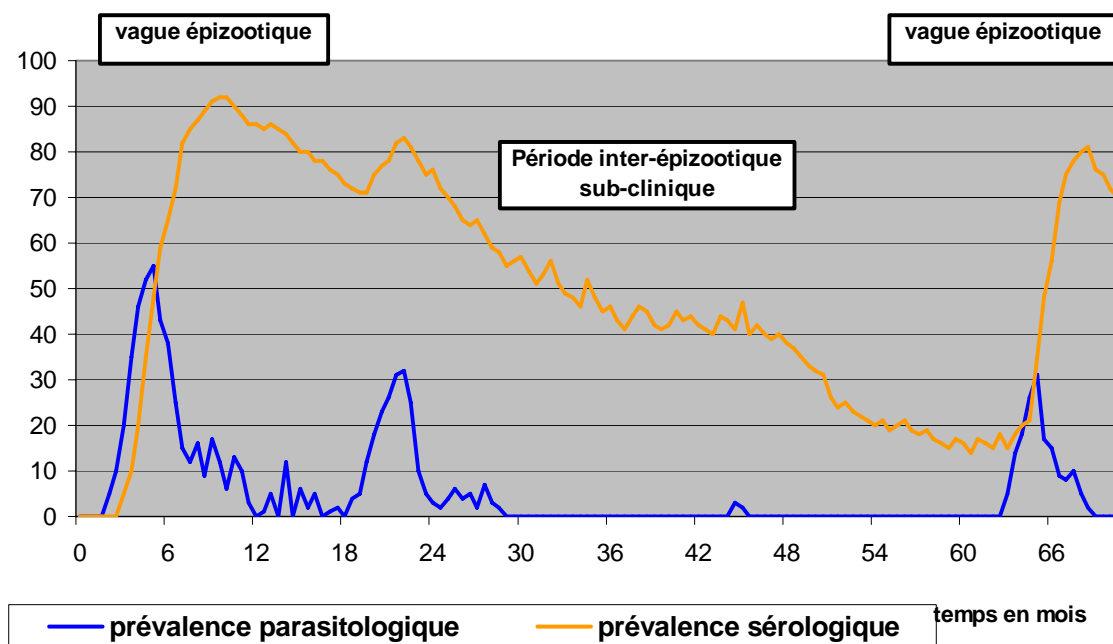
### **Les travaux sur *T. vivax***

L'essentiel des travaux a donc porté sur *T. vivax* et permis de décrire la situation et l'épidémiologie analytique de cette trypanosomose transmise mécaniquement chez les bovins en Guyane française.

Ce modèle peut être décrit comme constitué de foyers épizootiques cliniques, multifocaux et saisonniers, sur fond d'enzootie sub-clinique ; la transmission est assurée par des vecteurs mécaniques que sont principalement les tabanides, mais également les stomoxes. Il n'existe pas de réservoir sauvage ; seuls les bovins sont très sensibles, mais les moutons peuvent agir comme réservoir du fait d'une expression clinique faible. L'introduction du parasite dans un élevage initialement indemne se fait le plus souvent par l'entrée d'un animal infecté, généralement un porteur sain ; le stress de transport et d'adaptation est favorable à la résurgence parasitaire et donc à la dissémination de l'infection si l'abondance des vecteurs le permet. Les études longitudinales menées avec des étudiants vétérinaires ou en DESS ont montré un taux d'auto-guérison de 10-15% par an et une circulation, en dehors des périodes d'épizootique, nulle ou très limitée avec une incidence inférieure à 5% par an. Le rôle potentiel des moutons comme réservoir du parasite et source de certains foyers a été démontré sur le terrain et en conditions contrôlées (résurgence parasitaire importante sous l'effet des restrictions alimentaires de la saison sèche). La prévalence des anticorps est très contrastée d'un élevage à l'autre, mais dans les élevages infectés elle bondit à près de 100% lors d'un foyer puis diminue graduellement jusqu'à 15-20% pendant les 4-5 années qui suivent jusqu'à rebondir brutalement lors d'un nouveau foyer (**figure 11**). Des images similaires ont été décrites en Colombie et au Venezuela, et ont été enregistrées au cours de nos enquêtes au Guyana et au Surinam. Quelques années plus tard, la dissémination de *T. vivax* chez les bovins dans l'ensemble du territoire bolivien confirmait cette capacité d'extension extrêmement rapide de la trypanosomose transmise mécaniquement. L'ensemble de ces images est caractéristique de la trypanosomose transmise mécaniquement et le modèle n'a pu être décrit et compris aussi clairement qu'à l'issue de nombreuses années d'observations et d'études diverses. On le verra un peu plus tard, la très récente modélisation mathématique de la transmission mécanique a fourni une explication au phénomène de « yoyo » épidémiologique observé généralement en Amérique Latine, qu'il était difficile jusqu'alors de comprendre. Ces études ont donc apporté des lumières

déterminantes sur un mode de transmission jusqu'alors peu étudié, mal évalué et mal compris.

prévalences (%)



**Figure 11 : Modélisation de l'évolution des prévalences parasitologique (HCT) et sérologique (ELISA-indirecte) de *T. vivax* transmis mécaniquement par des insectes piqueurs dans une population bovine ; phénomène du « Yoyo épidémiologique »**

La caractérisation de souches de *T. vivax* isolées en Guyane Française entre 1989 et 1995 a été entreprise, pour évaluer leur sensibilité aux trypanocides usuels (voir partie sur la lutte ci-après), et pour estimer leur niveau de polymorphisme génétique. Pour ce faire, nous avons utilisé 3 random-primers développés à l'ILRAD et retenu celui – IL0525 - qui présentait la capacité de distinguer les 20 isolats testés dans leur expérience. Utilisé sur 3 souches de Guyane française et une du Venezuela, cet oligonucléotide a révélé un très faible niveau de polymorphisme génétique des souches de *T. vivax*. Ceci confirme que la transmission mécanique favorise l'appauvrissement graduel du polymorphisme génétique des parasites du fait de la tendance au clonage naturel par le transfert d'un nombre réduit de parasites, et par la sélection des souches les plus prolifiques (comprendre : celles qui ont des capacités de multiplication les plus élevées puisque ce sont elles qui ont la plus forte probabilité d'être prélevées et donc transférées au cours de la transmission mécanique). De même, l'utilisation de ce random primer sur l'ADN des parasites collectés au cours de plusieurs vagues parasitiques successives d'un animal expérimentalement infecté a montré une image presque constante, confirmant un polymorphisme génétique très pauvre à l'intérieur d'une souche (Thèse Desquesnes 1997). Ces éléments nécessitent toutefois des confirmations puisqu'ils reposent sur l'utilisation d'un seul oligonucléotide.

D'autre part, la généralisation des enquêtes sérologiques aux 3 Guyanes, et une enquête verbale auprès de l'ensemble des services vétérinaires du sous-continent ainsi qu'une large recherche bibliographique ont permis d'étendre le point sur la situation épidémiologique de la trypanosomose bovine à l'ensemble de l'Amérique Latine (**figure 12**).



**Figure 12 : Situation épidémiologique de la trypanosomose bovine à *T. vivax* en Amérique Latine**

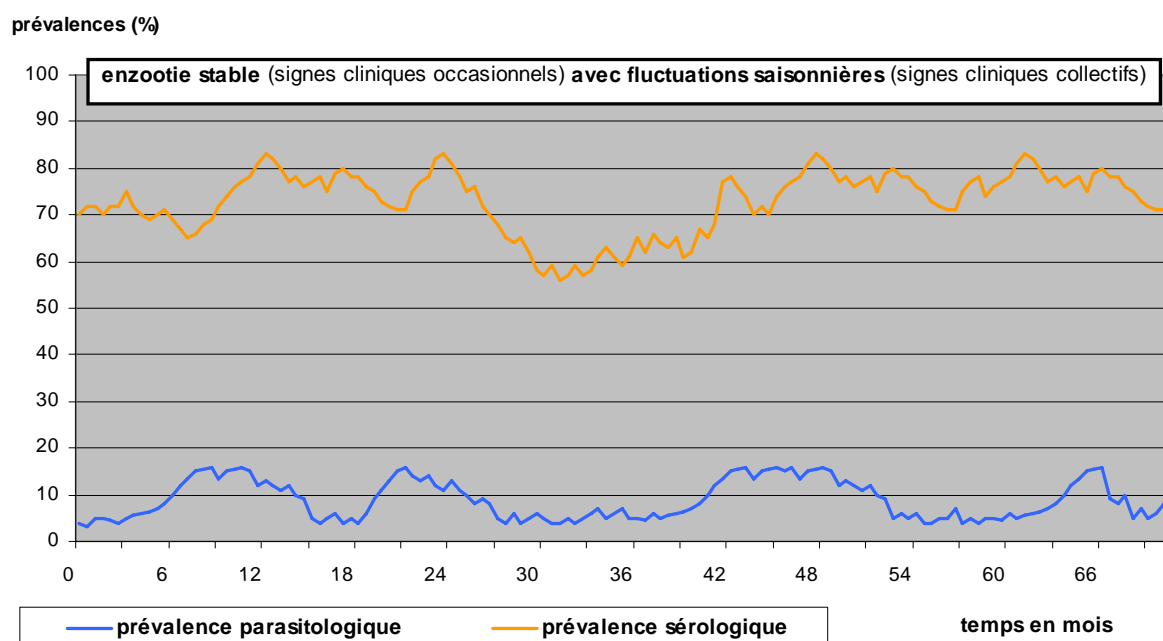
Ce bilan permettra de suivre l'évolution de la situation dans l'avenir, mais il devra être affiné à l'intérieur de chaque pays, en particulier au Brésil et en Bolivie, car l'entrée du parasite dans des régions encore indemnes est toujours assez remarquable, comme elle l'a été en une année sur l'ensemble du territoire Bolivien ou dans le Pantanal au Brésil. L'étude souligne également le peu de données disponibles en Amérique Centrale, et finalement, le fait que la limite nord de son aire de répartition n'est pas clairement définie.

Des études épidémiologiques ultérieures menées au Burkina Faso ont montré des situations enzootiques beaucoup plus stables que celles décrites en Amérique Latine, avec des prévalences d'infections - et par suite sérologiques - fluctuant très peu, entre 70 et 80%, et des impacts parasitologique (détection par HCT) et clinique réguliers présentant des fluctuations saisonnières modérées. La modélisation d'une telle situation épidémiologique montre un aspect bien différent de celui observé en zone de transmission mécanique (**figure 13**). Ces situations, liées à la présence des glossines et à leur caractère vectoriel très robuste (portage quasi définitif des parasites par le vecteur après infection), à la présence conjointe de plusieurs espèces de trypanosomes, et à une diversité génétique élevée des souches circulantes (faune domestique/ faune sauvage et recombinaisons possibles chez la glossine) offrent un aspect et requièrent des mesures de contrôles bien différentes. L'application des méthodes de diagnostic développées précédemment a toutefois permis de décrire assez clairement ces situations et d'apporter des éléments utiles de compréhension. Ainsi, dans les secteurs explorés, on a pu établir le taux d'incidence annuelle de *T. vivax*



voisin de 50% et de *T. congolense* limité à 15-20% (**figure 9**). On a également pu estimer le taux d'animaux malades de trypanosomose (10-20%), et la prévalence des infections aux diverses espèces de trypanosomes présents. On a ainsi enregistré de 90% d'infections à *T. congolense* dans certains secteurs hautement infestés de glossines jusqu'à un taux quasi nul dans les zones indemnes de glossines (Nord du Lac Tchad), en passant par une majorité de situations intermédiaires où les infections à *T. vivax* dominent généralement (70-80% d'animaux porteurs d'anticorps) celles à *T. congolense* (20 à 40%).

**Figure 13 : Modélisation de l'évolution des prévalences parasitologique (HCT) et sérologique (ELISA-indirecte) des trypanosomoses bovines en Afrique**



En Afrique, l'existence et l'impact de la trypanosomose transmise mécaniquement étant très controversés - certains auteurs affirmant même qu'elle n'existe pas sur ce continent et que des souches transmissibles mécaniquement ne seraient apparues qu'en Amérique Latine du fait de l'absence de glossines - il était difficile de traiter le sujet sans passer par le point de départ et re-démontrer la possibilité de la transmission mécanique des trypanosomes avant d'étudier son impact potentiel et son importance future dans le contexte de la mise en place du PATTEC (Pan African tsetse and trypanosomosis eradication campaign).

Ces travaux ont été menés en collaboration avec le Dr Mamadou Lamine DIA. Sur la base d'un modèle expérimental très simple consistant à mettre ensemble dans un corral sous moustiquaire et en présence de tabanides, des bovins infectés par des trypanosomes et des bovins sains (**figure 14**), la démonstration de la transmission mécanique de *T. vivax* et de *T. congolense* par deux espèces communes de tabanides d'Afrique (*Atylotus agrestis* et *A. fuscipes*) a été faite au cours de 3 expériences, et a révélé des incidences d'infections parfois très élevées (63 à 75% en 20 jours). Quotidiennement les données suivantes furent établies : nombre d'insectes introduits (les insectes résiduels étant détruits chaque matin), scores de parasitémie des animaux, réponses des sérums en ELISA-indirecte et des buffy coats en PCR. Ainsi, il a été possible de développer un modèle mathématique de la transmission, sur la base des probabilités de transmission attribuées à chaque insecte introduit sous la moustiquaire.



**Figure 14 : Dispositif expérimental du corral sous moustiquaire, avec sas**

L'équation permettant de déterminer le nombre total d'animaux infectés «  $N_i$  » au temps «  $t$  » après le début de l'exposition aux insectes est la suivante :

$$N_{i_t} = N_{i_{t=0}} + \sum_{t=1}^t n_t * T_t * C (N - N_{i_{(t-1)}}) / N$$

Equation dans laquelle  $C$  est la constante de la transmission qui a été déterminée dans nos expériences et qui dépend principalement du taux de repas interrompus, du taux de changement d'hôtes et du taux de transfert des parasites à partir des pièces buccales des insectes (elle dépend donc à la fois des hôtes, des vecteurs et peut-être des parasites); sa valeur moyenne a été de 0,0033 ;

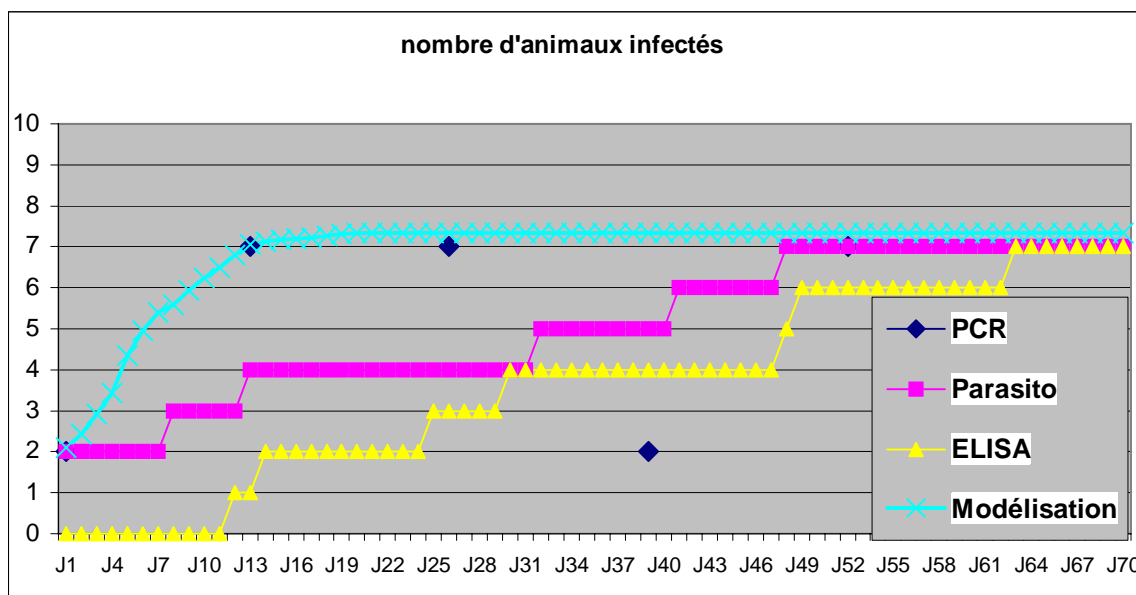
Les autres paramètres sont :  $N$  = nombre d'animaux du lot ;  $N_i$  = nombre d'animaux infectés ;  $T$  = nombre total de trypanosomes / nano litre de sang (tous animaux infectés confondus) ;  $n$  = nombre d'insectes présents autour du lot d'animaux

Dans la première expérience, le modèle mathématique a indiqué que les infections ont toutes eu lieu entre J0 et J13, avec une incidence cumulée de 65% ; la PCR est le test le plus précoce puisqu'elle indique cette prévalence dès J13, suivi par les examens parasitologiques à J48 puis par la sérologie à J63 (**figure 15**).

Dans les expériences suivantes d'autres incidences ont été observées, toujours en liaison directe avec le nombre de tabanides libérés autour des animaux et les scores cumulés de parasitémie des animaux infectés.

Outre la transmission avérée, ces expériences ont permis de quantifier la capacité de ces diverses espèces de tabanides (*A. agrestis* / *A. fuscipes*) et de trypanosomes (*T. vivax* / *T. congolense*) pour la transmission mécanique, et de montrer mathématiquement qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux espèces d'*Atylotus* choisies, ce qui n'est pas inattendu quand on observe la grande similitude entre ces espèces. Une différence non quantifiable par l'incidence des infections a toutefois été observée, puisque la durée moyenne d'incubation de l'infection a été supérieure dans la première expérience ; on peut émettre l'hypothèse que certains facteurs salivaires d'*Atylotus fuscipes* seraient favorables à la multiplication locale de *T. vivax*. Ces paramètres n'interviendraient donc pas dans l'incidence des infections mais seulement dans leur déroulement (temps d'incubation et dynamique de la parasitémie).





**Figure 15 : Evolution du nombre de bovins infectés par *T. vivax* selon la parasitologie, la PCR, l'ELISA-indirecte et le modèle mathématique, dans un lot de 10 bovins dont 2 sont initialement infectés, exposés pendant 20 jours aux piqûres de nombres connus d' *Atylotus agrestis***

En revanche, moins attendu, le modèle mathématique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre *T. vivax* et *T. congolense* en terme de capacité à être transmis. Cette démonstration est déterminante dans la compréhension du phénomène de transmission mécanique des trypanosomes, et sera particulièrement utile en Afrique. En effet, les observations de terrain réalisées après des campagnes d'élimination des glossines indiquent qu'usuellement seul *T. vivax* est trouvé et parvient à se maintenir après élimination des glossines. On en avait généralement déduit que seul *T. vivax* est apte à la transmission mécanique bien que l'on n'ait aucun élément objectif permettant de différencier les parasites sur ce point. En réalité, le modèle mathématique développé sur la base de nos 3 expériences permet de comprendre ce phénomène et de l'expliquer. Il indique que seul le score moyen de la parasitémie différencie les deux espèces de trypanosomes chez les bovins. En effet les parasitémies faibles enregistrées chez les animaux infectés par *T. congolense* n'ont permis dans les expériences qu'une incidence de 25%, alors que les parasitémies élevées des animaux infectés par *T. vivax* ont permis des incidences bien plus élevées (63-75%) toutes autres choses égales par ailleurs. Ainsi l'étude des profils parasitémiques moyens de 20 bovins expérimentalement infectés par *T. vivax* et 20 autres infectés par *T. congolense* confirment que *T. vivax* est un parasite hautement capable d'être transmis mécaniquement chez les bovins - les parasitémies moyennes de l'espèce se situant entre  $10^5$ - $10^6$  - alors qu'elles sont généralement inférieures à  $10^4$ - $10^5$  chez *T. congolense* qui est en conséquence presque inapte à cette transmission (**figure 16**). Pour cette raison on n'observe pas de transmission de *T. congolense* dans les zones indemnes de glossines.

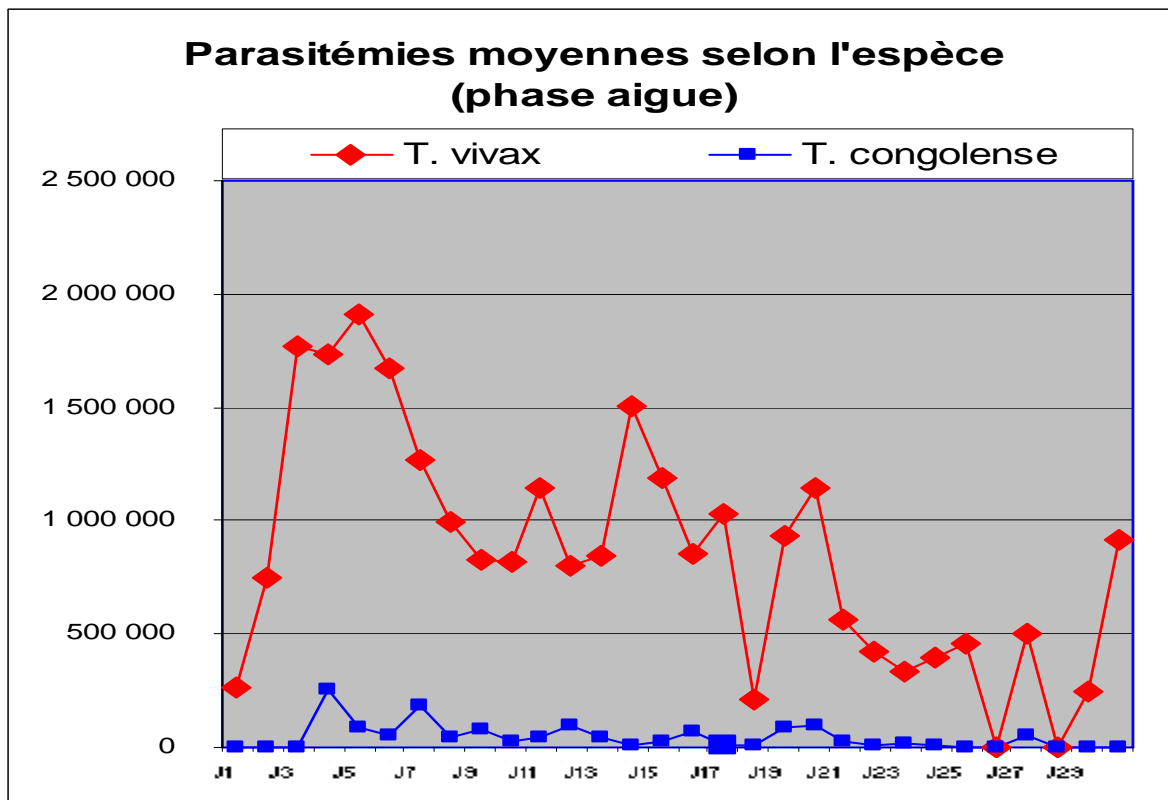


Figure 16 : Profils parasitémiées comparés de *T. vivax* et *T. congolense* chez les bovins

Ce type de données permet également d'expliquer des phénomènes naturels connus mais paraissant jusqu'alors assez mystérieux.

On constate par exemple que *T. evansi* n'est quasiment jamais trouvé dans la zone à glossines. Ce fait est surprenant puisqu'on y trouve des hôtes (les bovins), des vecteurs (tabanides et stomoxes), et que le parasite y est introduit régulièrement par des bovins infectés au nord et transhumants vers le sud. Pourquoi donc cette restriction géographique ? L'explication tient au fait que la parasitémie à *T. evansi* chez les bovins est toujours très faible, trop faible pour que le bovin puisse agir comme source d'infection pour des vecteurs mécaniques. Dans la zone nord, les dromadaires, qui présentent des parasitémiées à *T. evansi* très élevées sont à l'origine d'une dissémination des trypanosomes par les insectes vecteurs mécaniques. Cette dissémination touche les dromadaires, mais aussi des animaux proches (notamment aux points d'abreuvement) tels les petits ruminants et les bovins. Lorsque ces derniers retournent dans la zone à glossine au contact d'insectes piqueurs et de bovins encore non infectés par cette espèce de trypanosome, ils ne sont pas sources d'infection du fait de leur trop faibles parasitémiées, et constituent ainsi des culs-de-sacs épidémiologiques. A l'inverse, les dromadaires qui présentent des parasitémiées très élevées et pourraient constituer une source d'infection efficace ne s'aventurent pas en zone à glossine du fait de leur très grande sensibilité aux trypanosomes transmis par les glossines. Ainsi, les trypanosomes transmis par les glossines assurent ils la protection de leur territoire !

En définitive, compte tenu des parasitémiées faibles de *T. congolense* et de *T. evansi* chez les bovins, et de l'impossibilité de transmettre *T. evansi* par la glossine, seul *T. vivax* jouit du double système de transmission cyclique/mécanique, ce qui justifie sa prépondérance générale chez les bovins autant dans la zone à glossine – où il jouit de ce double système de transmission – que dans la zone indemne où il bénéficie de la transmission mécanique.

Un autre exemple est celui de la longue phase inter-épizootique observée en Amérique Latine dans le cas de la trypanosomose bovine due à *T. vivax*. Le phénomène de « yoyo épidémiologique » décrit dans plusieurs pays ne semblait pas avoir d'autre explication que le hasard ou la cyclicité mal connue des dynamiques de population des vecteurs mécaniques. En réalité, la modélisation mathématique de la transmission mécanique a permis de mieux comprendre ce phénomène. Mis en équation, la transmission possède un caractère probabiliste qui fait que son incidence est maximale lorsque l'équilibre entre animaux donneurs (infectés) et receveurs (non infectés) est de l'ordre de 20% de donneurs - 80% de receveurs. La capacité d'explosion épizootique de la trypanosomose bovine transmise mécaniquement se situe donc mathématiquement autour d'une prévalence de 15-20%. Il a d'autre part été établi que le taux d'auto-guérison est de 10-15% par an. En conséquence, à l'issue d'un foyer épizootique majeur dans lequel 90% de la population a été contaminée, même en l'absence de traitement, la prévalence des infections évolue annuellement vers 75% un an après, 60% l'an 2, 45% l'an 3, 30% l'an 4 et 15% la cinquième année (**figure 11**). On retrouve ici la période de 4-5 ans souvent constatée entre deux foyers épizootiques de trypanosomose en Amérique Latine et qui correspond à un retour à la capacité maximale d'extension du parasite par ce mode de transmission. Bien évidemment des mini foyers aux conséquences limitées peuvent s'initier pendant la phase inter-épizootique, mais la ré-infection d'un animal déjà porteur a peu de conséquences à cause du faible polymorphisme des souches transmises mécaniquement. Il faut donc la conjonction du retour à une prévalence faible de porteur, ajouté à un phénomène naturel d'hyperabondance des vecteurs ou de carence alimentaire saisonnière forte (saison sèche) pour déclencher un foyer épizootique une année plutôt qu'une autre.

On le voit, la modélisation mathématique a apporté beaucoup dans la compréhension de la dynamique de transmission à la fois à l'échelle du troupeau et à celle des populations, mais elle apportera plus encore lorsqu'elle pourra être étendue aux autres agents pathogènes présents dans le sang des bovins et qui peuvent également être transmis mécaniquement par les insectes ...



## L'immunologie

Si entre deux affectations en zones tropicales j'ai éprouvé le besoin de suivre un complément de formation en immunologie, c'est que j'ai très tôt été attiré par les modalités de lutte vaccinales étant donné leur caractère durable sinon définitif et surtout préventif - les principes de ma profession étant, comme le bon sens général, de préférer prévenir que guérir.

Dans le domaine des maladies à transmission vectorielle, l'immunologie peut être appliquée à la lutte contre les vecteurs autant qu'au contrôle des agents pathogènes. Si j'entrepris très tôt des essais d'immunisation anti-vectorielle sur le modèle de la tique du bétail *Boophilus microplus* / bovin – relatés ci-après -, j'étais d'autre part régulièrement appelé à étudier l'équilibre naturel ou artificiel et les règles de ses ruptures, dans le domaine de la parasitologie avec le phénomène du « porteur sain » et du « porteur malade », toutefois je rapporterai ces travaux dans la partie consacrée à la lutte. En revanche, je relaterai sous le chapitre de l'immunologie les travaux d'évaluation d'un candidat vaccin (cystéine protéase) « contre la maladie » due à *Trypanosoma congolense*, auxquels mes étudiants, mes collègues et moi-même avons participé.

Le premier modèle de vaccin d'un mammifère contre un arthropode hématophage a été dessiné par Tragger en 1939. Entre temps et jusqu'à mon affectation au laboratoire de parasitologie de Païta en Nouvelle Calédonie, je n'avais pas connaissance de travaux dans ce domaine, sinon par un article journalistique que m'avait adressé le Professeur Morel pour information. Disposant d'une souche de *Boophilus microplus* régulièrement élevée sur bovin, je mettais en place un essai d'immunisation très simple, à partir d'intestins de tiques broyés, aseptisés, et inoculés avec les adjuvants complet puis incomplet de Freund à un bovin, et nous obtenions des résultats très encourageants et immédiatement visibles sur les tiques dont l'intestin se rompaient au cours du gorgement, ce qui provoquait une invasion de la cavité interne par du sang leur donnant un aspect sphérique et rutilant évoluant vers le noirâtre ; en outre le nombre de tiques produites par le bovin en était drastiquement réduit. Fort de cette expérience, mais ayant entre temps eu l'occasion de visiter les laboratoires du CSIRO<sup>2</sup> de Brisbane, en Australie, et en conséquence conscient du retard que nous aurions dans le développement d'un tel modèle, qui ne pouvait - s'ils devaient aboutir à une préparation commerciale - que passer par des antigènes recombinants, je m'intéressai à la transposition du modèle sur d'autres systèmes arthropodes hématophages/mammifères, et initiai une expérience sur les glossines à l'IEMVT<sup>3</sup> de Maisons-Alfort quelques temps après mon retour de Nouvelle Calédonie.

Le choix fut porté sur le système *Glossina fuscipes fuscipes* / lapin, et fut étayé par une analyse de la réponse antigène-anticorps sur gel d'acrylamide, mais il n'apporta pas l'enthousiasme du modèle précédent, n'ayant aucun effet visible et peu d'effet sur les capacités reproductives des mouches. Ces travaux n'eurent pas immédiatement de suite. Je reprenais toutefois le fil de ces expériences dans un tout autre contexte quelques années plus tard, en Guyane française, lorsque j'occupais un laboratoire à l'Institut Pasteur de Cayenne, et pu initier des expériences avec deux collègues de Pasteur sur le modèle

---

<sup>2</sup> Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Brisbane, Australia

<sup>3</sup> Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux, Maisons-Alfort, France

moustique / souris, mais également sur le modèle taon / bovin (**figure 17**). Malheureusement dans les deux cas les résultats furent assez décevants, parfois même paradoxaux puisque la durée de survie des tabanides ou des moustiques était accrue, probablement par le ralentissement des phénomènes digestifs suite aux perturbations engendrées par les anticorps anti-intestins. Dans tous les cas aucun de ces systèmes ne laissait envisager qu'un mode de lutte contre ces arthropodes hématophages puisse en résulter. Plusieurs années après, affecté au Burkina Faso et disposant d'un important matériel biologique et de techniciens expérimentés, partant de l'hypothèse que le répertoire immunitaire est particulier à chaque espèce, et que même si les lapins ne sont pas capables de produire des anticorps lytiques, les bovins pourraient le faire, je reprenais des essais sur le modèle *Glossina palpalis* / bovin qui donnèrent des résultats encourageants la première fois, mais ne purent être reproduits dans une seconde vague d'expérimentations. Dans tous les cas, la préparation du matériel biologique pour ces diverses expériences a été extrêmement laborieuse et délicate, puisqu'elle résulte de l'accumulation de quantités infimes d'organe quotidiennement récoltés. Par exemple nous disséquions 6000 glossines pour préparer seulement 6 doses vaccinales dans notre deuxième expérience. A l'issue de ces travaux nous devons abandonner cette voie de recherche et constater que malgré un regain général d'intérêt de la recherche pour ce domaine de l'immunisation, seul le premier modèle sur lequel nous travaillions a pu voir le jour, dans la forme du vaccin contre l'antigène B86 de *Boophilus microplus*, et sous les paternités concurrentes des australiens et des cubains. La recherche elle aussi doit savoir s'arrêter, ne pas confondre opiniâtreté et aveuglement. D'autres chercheurs auront peut-être plus de succès que nous dans ce domaine à l'avenir !



**Figure 17 : Essais d'immunisation de bovins contre les tabanides (*Tabanus importunus*) : repas sanguin sur bovin (à gauche) et élevage des insectes au laboratoire (à droite) pour mesurer la durée de survie et la ponte**

L'alternative à l'immunisation anti-vectorielle est l'immunisation antiparasitaire. Dans le domaine de la trypanosomose, le modèle classique consistant à induire chez l'hôte la synthèse d'anticorps dirigés contre des antigènes de surface du parasite sont voués à l'échec. En effet, le parasite développe successivement plusieurs antigènes de surface lui permettant d'échapper au système immunitaire de l'hôte, et provoquant les vagues parasitémiques caractéristiques de la trypanosomose. Ce type d'immunisation a été abandonné pour la lutte contre la trypanosomose animale en Afrique. Elle n'y aurait en effet aucune efficacité devant la multiplicité et la richesse (liée à la circulation des parasites dans les faunes sauvage et domestique ainsi qu'à la recombinaison possible de leur matériel génétique chez la glossine) des souches, types et espèces parasites présentes, qui sont autant d'échappements possibles du parasite au contrôle immunitaire de l'hôte. En revanche, ce mode de lutte reste plausible pour une utilisation en Amérique Latine, en particulier pour le contrôle de la trypanosomose bovine à *T. vivax*, puisque cette dernière est, comme nous l'avons vu, une espèce unique présente chez le bétail, et douée d'un faible polymorphisme génétique. Sur ce continent, le développement d'un vaccin contre *T. vivax* chez les bovins pourrait être considéré par la recherche. Nos essais de protection croisée et

nos observations sur les conséquences de traitement trypanocides itératifs relatés au chapitre suivant y sont d'ailleurs favorables.

Outre l'immunisation contre les antigènes de surface, la nature fournit un autre mode de contrôle immunitaire des trypanosomes avec les races dites « trypanotolérantes ». Deux questions majeures se posent dans ce domaine : la trypanotolérance est-elle strictement réduite aux espèces dites « trypanotolérantes », et, la trypanotolérance est-elle inductible ?

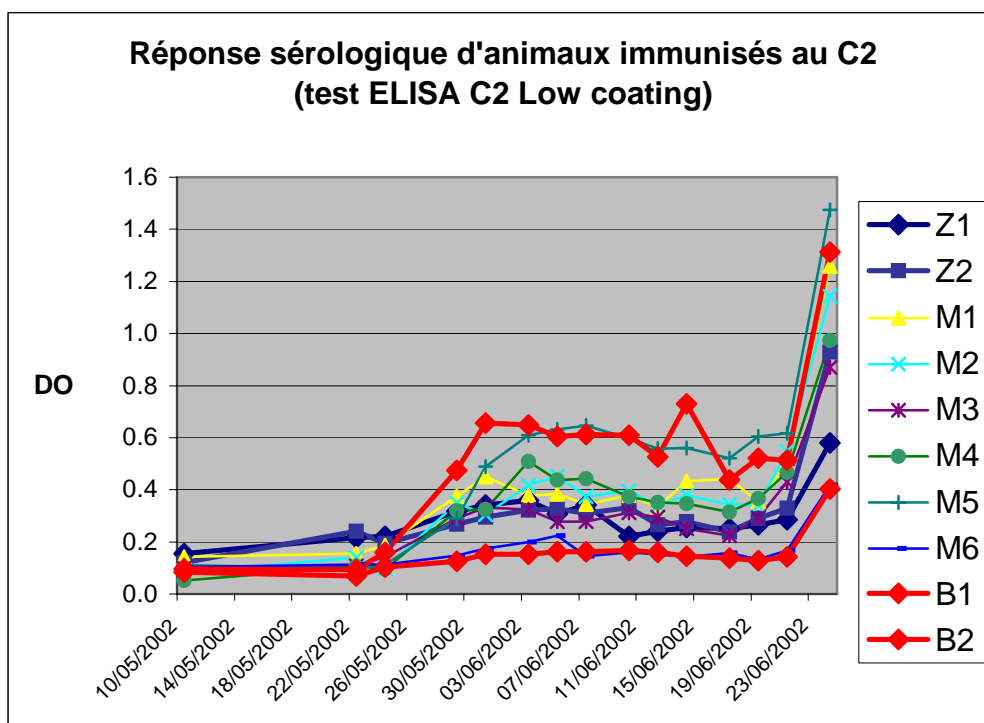
A la première question la réponse n'est pas évidente. L'expérience, et notamment nos infections expérimentales chez les moutons, montre qu'au sein d'une race dite trypanosensible, certains individus présentent des caractéristiques de trypanotolérance. Le phénomène doit être exploré puisqu'il permettrait éventuellement de sélectionner des individus trypanotolérants au sein des races dites trypanosensibles. Ce point est important car la plupart du temps les races trypanotolérantes présentent de faibles gabarit et productivité, à l'inverse des races trypanosensibles. Le métissage opéré presque systématiquement par les éleveurs montre bien l'attraction de ces dernières. Identifier des marqueurs génétiques de sensibilité ou de résistance est un des challenges abordés récemment par la recherche, notamment par une double approche génomique et transcriptomique.

A la seconde question, la trypanotolérance est-elle inductible, l'équipe d'E. Authié *et al* tente de répondre dans le cadre des travaux de recherche pour une vaccination contre la maladie des bovins due à *Trypanosoma congolense* sur la cystéine protéase. Lors de mon séjour au CIRDES, j'ai été amené à participer à la mise en place d'essais préliminaires en conditions contrôlées et des premiers essais de terrain sur bovins.

L'observation que les bovins de type taurin présentaient une réponse immune plus précoce et plus mûre que les zébus à la cystéine protéase, et l'attribution à cette protéine d'une partie de la pathogénicité du parasite ont conduit E. Authié à poursuivre des recherches en vue de stimuler chez les bovins la genèse d'anticorps anti-cystéine protéase, visant à réduire les effets délétères de cette protéine et ainsi, non pas réaliser un vaccin contre le parasite mais plutôt contre la maladie.

Dans un premier temps, dans le cadre de travaux menés par une étudiante de DESS, des essais d'immunisation de bovins à l'aide d'antigènes recombinants de la cystéine protéase de *Trypanosoma congolense* type savane ont été menés en conditions contrôlées au CIRDES, pour vérifier que la population cible, c'est à dire les bovins métis taurins X zébus, qui constituent la majorité de la population bovine exposée aux trypanosomoses, étaient capables de produire de manière satisfaisante des anticorps contre la cystéine protéase - le doute existant du fait que certains zébus testés à l'ILRI ne donnaient pas de réponses immunes permettant d'espérer une protection. Ces essais n'ont montré aucune différence significative entre zébu purs, métis zébu X baoulé et baoulés purs dans la réponse semi-quantitative mesurée en ELISA sur antigène recombinant de la cystéine protéase, qui étaient toutes satisfaisantes (**figure 18**). Les conditions étaient donc réunies pour mener les essais d'immunisation de terrain sur bovins métis.

Dans un second temps, dans une série de travaux menés en collaboration avec T. Lefrançois et S. Thévenon, 40 bovins métis d'un âge entre 1 et 2 ans, tous précédemment exposés aux trypanosomoses et sélectionnés sur la base d'un seuil minimal de réponse en ELISA indirecte *T. congolense* ont été traités (dose curative d'acéturate de diminazène) et immunisés contre une cystéine protéase recombinante de *T. congolense* puis placés sur le terrain dans une zone choisie pour sa forte pression glossinienne et en particulier sa pression liée à *T. congolense*.



**Figure 18 : Réponses sérologiques en ELISA-indirectes de Baoulés (2), Zébus (2) et Métis (8) à l'immunisation contre la cystéine protéase recombinante de *T. congolense***  
(immunisation et test ELISA réalisés avec les mêmes antigènes)

Rapidement l'ensemble des animaux a été infecté principalement par *T. congolense* et accessoirement par *T. vivax*. Malheureusement, aucun effet protecteur n'a pu être décelé. De nouveaux travaux portant sur la nature et la qualité de l'antigène recombinant ont alors été entrepris par l'équipe d'E. Authié et A. Boulangé.

Outre ces essais réalisés dans le cadre contractuel du programme européen INCO-DEV (Trypadvac 1), pour étayer l'hypothèse que la réponse immune spécifique à la cystéine protéase est un élément de la tolérance à la trypanosomose, une étude a été menée dans deux lots d'échantillons issus de nos banques de données et de sérums, tous présentant une forte réponse en ELISA-indirecte *T. congolense* qui garantissait que ces animaux étaient dans un état immun satisfaisant et qu'ils étaient ou avaient été très récemment infectés par *T. congolense* : le premier lot était constitué d'animaux présentant une faible valeur de l'hématocrite et le second une forte valeur de l'hématocrite. Ces deux lots étaient donc constitués d'animaux immunocompétents, hypothétiquement et respectivement sensibles ou résistants à *T. congolense*. Les sérums de ces animaux ont été testés vis-à-vis de la cystéine protéase pour rechercher une liaison éventuelle entre « hématocrite élevée » et « fort taux d'anticorps anti-cystéine protéase ». Il n'y a eu aucune liaison entre les paramètres.

L'ensemble de ces résultats nous est apparu peu favorable à l'hypothèse de départ des travaux sur la cystéine protéase, et ils ont révélé que l'antigène recombinant actuellement produit ne possède aucun effet protecteur chez les bovins. Contrairement à certains bacilles qui sécrètent une toxine unique, la pathogénicité des trypanosomes résulte d'un complexe et probablement d'une cascade de réactions et d'interactions avec son hôte qu'il est peu probable de pouvoir inhiber en bloquant, même de manière satisfaisante, une unique protéine. Pour ces raisons, la recherche devra s'orienter vers un complexe multivalent, mais une telle stratégie multiplierait d'autant les difficultés rencontrées dans la production d'antigènes recombinants pleinement fonctionnels.

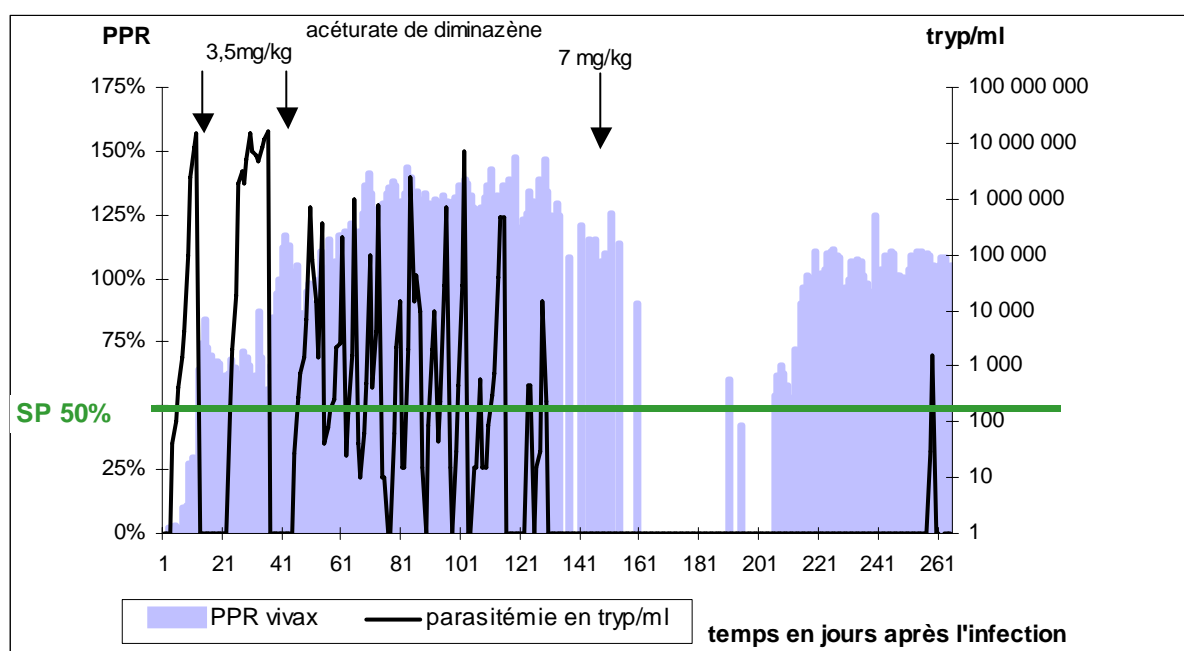


## La lutte

Ce chapitre peut être divisé en « lutte contre le parasite » et « lutte contre les vecteurs ».

Si l'immunité anti-vectorielle présentée au chapitre précédent revêtait un caractère artificiel - en effet les intestins des arthropodes hématophages n'entrent en contact avec le système immunitaire des hôtes à aucun moment du cycle parasitaire - l'immunité anti-parasitaire, elle, possède un caractère naturel, dont il résulte un équilibre, souvent précaire, à l'origine de la distinction essentielle que l'on peut faire entre un animal infecté en bonne santé et un animal infecté malade. Dans le cas de l'anaplasmose, à un moindre degré celui des babésioses, mais surtout celui des trypanosomoses, cette distinction est fondamentale. On sait par l'expérience que la primo-infection d'un ruminant par une souche quelconque de trypanosome se traduit par une phase aiguë éventuellement fatale, au cours de laquelle les parasites foisonnent dans le sang, par vagues successives correspondant aux divers revêtements antigéniques de surfaces (VSG) dont le parasite se pare au fur et à mesure que le système immunitaire de l'hôte parvient à produire des anticorps les reconnaissant et permettant de neutraliser la population parasitaire en place. Si cette évolution qui dure 1 à 3 mois n'est pas fatale, le malade entre dans une deuxième phase, plus chronique, au cours de laquelle il peut succomber à une longue et délétère dégradation de ses défenses immunes, de ses érythrocytes, voire subir une invasion nerveuse. Dans le cas contraire, le répertoire antigénique du parasite s'épuise et le panel d'anticorps développé par l'hôte s'enrichit, la situation peut, après 3 à 6 mois d'évolution, aboutir à un état de contrôle total du parasite par l'hôte. Une troisième phase dite de portage sain débute alors, dans laquelle l'animal est en bonne santé, mais porteur du parasite et le plus souvent immun vis-à-vis de parasites génétiquement proches. Cette évolution favorable est assez fréquente en Amérique Latine chez les bovins infectés par *T. vivax*, et elle explique les phases cliniques observées lors des foyers épidémiologiques, puis les longues phases sub-cliniques observées pendant les phases inter-épidémiologiques ; elle est plus fragile en Afrique car le système immunitaire des bovins y est souvent débordé par la très forte pression parasitaire entretenue par les glossines - qui provoquent des infections multiples - mais également par la multiplicité des espèces de trypanosomes présentes. Enfin, une quatrième phase de l'infection peut survenir avec un retour à l'une des deux premières phases, chronique ou aiguë. Ce retour est toujours la conséquence d'une dépression immunitaire provoquée soit par un stress physique (stress de transport expliquant les foyers multi-focaux de dissémination de l'infection par la vente d'animaux porteurs), soit par un stress alimentaire ou pathologique (maladies intercurrentes type anaplasmose) - généralement saisonniers - ayant pour origine la réduction des apports alimentaires et hydriques naturels liés à la sécheresse, et se présentant donc également de manière multi-focale.

Quoiqu'il en soit, ces phénomènes immuns naturels peuvent-ils être contrôlés ? Sur la base (1) des données de la littérature, (2) des indications des éleveurs qui traitent les animaux malades et témoignent de leur amélioration clinique même lorsque la résistance chimique des souches de trypanosomes est avérée par la résurgence des parasites dans le sang des animaux, et (3) d'observations faites en conditions contrôlées, nous avons pu établir que des traitements itératifs à des doses même sub-curatives d'acéturate de diminazène (3,5 à 7 mg/kg n'étant pas stérilisant dans la plupart de nos expériences) finissent par induire une immunité de portage. Ainsi, 2 à 3 traitements espacés de 3 à 4 semaines chacun et initiés dès les premiers signes cliniques permettent très généralement d'atteindre cet état de portage sain au bout de 2 à 3 mois. Il faut souligner que la plupart des souches testées se sont avérées résistantes à la dose de 7 mg/kg d'acéturate de diminazène, et que malgré cette résistance, les effets bénéfiques du traitement persistaient et même se développaient au fil de son usage (**figure 19**).



**Figure 19 : Evolution de la parasitémie et de l'hématocrite au cours de l'infection et à la suite de traitements non stérilisants à l'acéturate de diminazène chez un mouton expérimentalement infecté par *T. vivax***

Il faut noter que ces 4 phases de la maladie sont également observées dans le cas d'infections expérimentales de moutons par *T. vivax* ou *T. evansi*. L'existence de porteur sain et ses conséquences épidémiologiques doivent donc être considérées dans l'ensemble de ces trypanosomoses.

Ces observations, faites en Amérique Latine, n'étaient pas sans conséquences. Puisque nous avons constaté l'induction du portage sain à l'aide du « trypanocuratif » (mis entre guillemets du fait que les traitements n'étaient en réalité pas stérilisants) pendant le contrôle de la trypanosomose nous devons recommander son utilisation dans les secteurs hautement enzootiques pour favoriser le passage au portage sain. L'acéturate de diminazène devenait donc un outil pour atteindre l'état de prémunition. En revanche, si l'on détectait une infection dans un secteur majoritairement non infecté, et si la volonté des éleveurs était de maintenir le cheptel indemne de toute infection par les trypanosomes, bien qu'elle fut une décision économiquement discutable, nous recommandions un traitement systématique de tous les animaux au chlorure d'isométymidium (1mg/kg).

En Afrique, on préconise généralement d'utiliser le chlorure d'isométymidium (ISM) (trypanopréventif) pendant la phase de forte pression parasitaire, pour éviter que le système immunitaire ne soit débordé, et l'acéturate de diminazène (AD) (trypanocuratif) pour traiter les cas

cliniques isolés ; en quelques sortes nous recommandions le contraire en Amérique Latine ! En réalité, pas véritablement car notre raisonnement pouvait également s'appliquer en Afrique à condition d'y être adapté. Du fait des performances des glossines en matière de transmission vectorielle, il convient de considérer un gradient des infections et de préconiser diverses modalités de contrôle idoines :

- Dans les secteurs enzootiques de très forte pression parasitaire l'élevage des taurins trypanotolérants est le seul possible à moins - si l'on souhaite introduire du sang zébu - de placer ces animaux sous protection permanente de l'ISM. Il faut dire que cette politique risquée pour l'animal est aussi dangereuse pour l'élevage puisqu'elle engendrera automatiquement des résistance au produit ; bien qu'elle soit largement pratiquée, elle doit être déconseillée ;

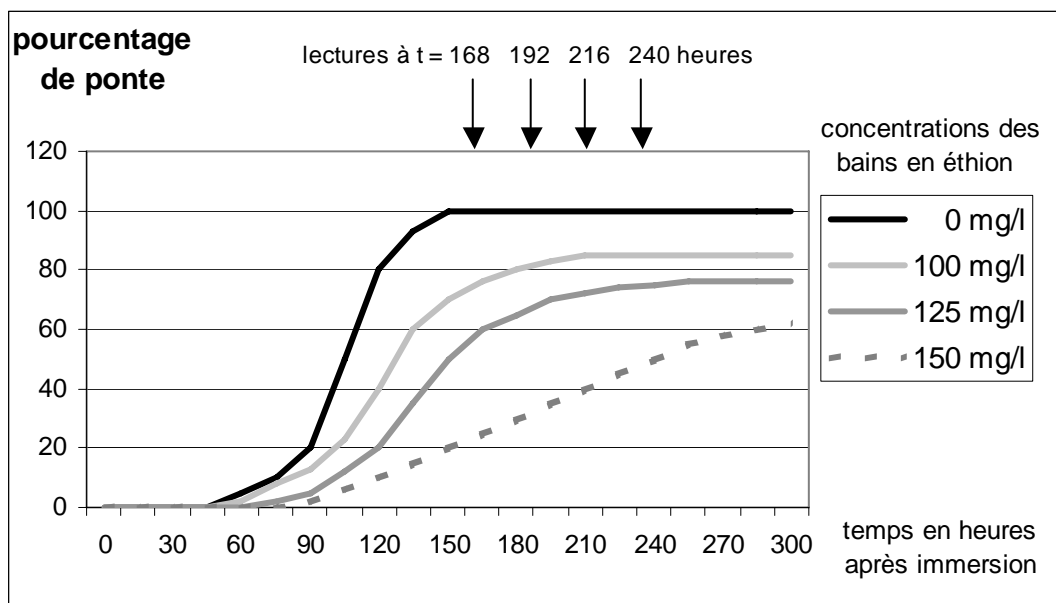
- Dans les secteurs enzootiques de pression parasitaire moyenne à faible on peut recommander l'entretien d'un état de prémunition stable en utilisant l'AD comme indiqué ci-avant ; il va de soit que ce type d'équilibre ne peut tenir que dans un contexte zootechnique satisfaisant, en particulier avec un apport alimentaire normal ; dans le cas contraire (situation fréquente en Afrique) la chimioprophylaxie est mieux adaptée, pour autant qu'elle soit économiquement accessible ;

- Dans les secteurs de pression parasitaire très faible ou occasionnelle, en Afrique, il n'est malgré tout pas possible de viser un état sanitaire indemne de trypanosomose du fait des mouvements de transhumance d'animaux voisins dans les zones infestées et des contacts obligatoires avec ces animaux (absence de foncier et de clôtures) ; le traitement curatif des animaux cliniquement atteints est donc seul recommandé ;

- Enfin, dans les zones indemnes aucun traitement n'est recommandé chez les animaux purement sédentaires, mais la protection des migrants à l'ISM est impérative. Il faut savoir que ces animaux sont malgré tout susceptibles de revenir en zone indemne avec des trypanosomes contractés pendant la transhumance et que des vecteurs mécaniques pourraient transmettre ces parasites aux animaux sédentaires. La menace de l'infection est donc présente, mais la protection du cheptel non migrant contre une infection hypothétique étant trop coûteuse, les éleveurs sont contraints de prendre régulièrement le risque de voir exploser un foyer de trypanosomose même en zone indemne, et ceci est à l'origine d'une utilisation encore massive - et surprenante pour certains - des trypanocides dans ces secteurs dits « indemnes ». Le traitement alterné (à l'acéturate de diminazène lorsque le chlorure d'isométydium a été utilisé pendant la transhumance) dès le retour en zone indemne est alors hautement recommandé.

Dans le cadre de la lutte contre les vecteurs j'ai abordé plusieurs types de travaux en commençant par la lutte contre la tique du bétail présentée ci-avant, mais également d'autres types de contrôles, chimiques ou naturels, avant d'aborder des travaux menant au développement d'un nouveau piège pour les tabanides.

Au laboratoire de parasitologie de Païta, en Nouvelle Calédonie, nous pratiquons le test FAO n°7 qui permet de détecter et même quantifier la résistance des larves de tiques à divers acaricides. Si ces mesures permettaient d'obtenir des informations sur l'évolution du matériel génétique de ces parasites, et ainsi de rationaliser la stratégie du choix des acaricides - elle ne permettrait pas de répondre aux questionnements des éleveurs et vétérinaires sur l'efficacité biologique des liquides utilisés en bain ou en douche recyclables. La mise au point d'une quantification des boues et d'un dosage biologique des bains acaricides par immersion de femelles gorgées et mesure de l'inhibition de ponte 7, 8, 9 et 10 jours après le test (**figure 20**) a permis de déterminer l'efficacité biologique des bains acaricides et de mieux gérer leur renouvellement.



**Figure 20 : Evolution des courbes de ponte chez des femelles de *Boophilus microplus* selon la dose de diéthion contenue dans le bain test**

Ces travaux ont en particulier permis de mettre en évidence le rôle inhibiteur des boues-déjections sur un acaricide organophosphoré alors très largement utilisé dans le pays : l'éthion. Ils ont également conduit à faire prendre des précautions pour leur utilisation notamment l'utilisation d'un pré-bain ou d'un pédiluve pour limiter l'introduction de boues dans le bain. Enfin ils ont permis de fournir une méthode simple de mesure des boues par l'éleveur, permettant d'anticiper le renouvellement du bain avant la perte de son efficacité. Ces recommandations permettaient donc également de réduire le sous dosage de l'acaricide et en conséquence la sélection et l'apparition de résistances. Toutefois, la fin de mon séjour en Nouvelle Calédonie et l'absence de continuité dans les programmes de travaux de l'antenne n'ont, semble-t-il, pas permis que ces mesures perdurassent.

La mesure de la durée de survie des larves de *Boophilus microplus* en pâture a, d'autre part, permis d'élaborer et proposer des plans de prophylaxie contre la tique du bétail par simple rotation des pâtures ; malheureusement ces plans vont souvent à l'encontre des contraintes agronomiques et leur application n'était possible que dans de rares cas où les éleveurs pratiquaient sous de très faibles contraintes foncières.

Le piégeage des insectes vecteurs mécaniques est principalement pratiqué pour leur étude, et aucune campagne de lutte n'a véritablement été réalisée à l'aide de ces pièges. Toutefois, en ce qui concerne les stomoxes, l'utilisation du piège monoconique Vavoua – qui présente à ce jour les meilleures performances de capture - mériterait d'être évaluée dans les élevages où ces insectes pullulent, notamment à La Réunion, où les conditions climatiques et la conjonction élevage bovin-culture de canne à sucre sont particulièrement favorables à leur prolifération.

Dans un premier temps, j'ai passé en revue et évalué plusieurs pièges utilisés pour la capture des tabanides ; le piège canopée qui est coûteux et encombrant, le piège de Malaise coûteux, lourd et mal adapté au terrain (panneaux de bois très lourd, appétant pour les termites et permettant aux fourmis d'accéder aux cages de capture), les pièges à glossine, économiques et pratiques (Vavou et biconique notamment) mais peu performants pour la plupart des espèces de tabanides, enfin les pièges pyramidal, NGU et Nzi dont le dernier s'est avéré le plus performant. Au terme de cette étude des pièges disponibles pour la capture des tabanides et des stomoxes, après avoir comparé leurs performances et les aspects pratiques et économiques, et suite aux observations de L. Foil selon lesquelles environ 70% des insectes qui approchent le piège Nzi n'y pénètrent pas, j'ai entrepris de

mettre au point un nouveau piège destiné à la capture des tabanides, en partant du modèle du piège Nzi, le plus performant de tous, mis au point par S. Mihok.

Le piège Nzi est constituée d'une arche de tissus bleu assurant l'attraction à distance et surplombant deux colonnes de tissu noir attirant les insectes à l'intérieur, d'où ils sont ensuite attirés vers la lumière qui filtre au travers d'un vaste cône de moustiquaire conduisant, vers le haut, à une cage de capture (**figure 21**). Le piège Nzi possède une unique ouverture basse, et s'ouvre sur un angle d'environ 120°, le reste du piège offre des surfaces attractives mais n'est pas pénétrable, ce qui explique probablement un pouvoir d'attraction nettement plus élevé que son pouvoir de capture.



**Figure 21 : Piège Nzi, face et profil**

Sur cette base, j'ai développé le piège *tetra* d'une part en basculant le panneau frontal bleu vers l'intérieur du piège afin d'aménager une ouverture haute pour les insectes à vol élevé, et de l'autre en multipliant par 4 le nombre d'ouvertures du Nzi par symétrie radiaire (d'où le nom « *tetra* », signifiant 4, qui lui a été donné). Ainsi le piège *tetra* présente 8 ouvertures et peut être pénétré par tous côtés. Evalué sur le terrain, un premier modèle a donné satisfaction en terme de performances (supérieures à tous les autres pièges testés Nzi, Vavou et biconique) mais s'est avéré peu pratique en raison des 5 piquets métalliques nécessaires à son installation et de sa grande taille, avec un coût en conséquence (**figure 22**, gauche). Des versions reposant sur un piquet unique, dont une de plus petite taille du piège, ont donc été développées et cette dernière est actuellement recommandée pour la capture des tabanides, mais pourra probablement être également utilisée pour celle des glossines si les résultats des premiers essais se confirment (**figure 22**, droite).



**Figure 22 : Piège *tetra* : à gauche grand modèle à 5 pieds, à droite grand et petit modèles à pied unique**

Avec un étudiant en DEA, nous avons réalisé l'estimation de l'impact économique direct des tabanides sur le bétail en Guyane Française, montrant que cette nuisance - à elle

seule - justifie de mettre en place des plans de lutte saisonniers contre les tabanides. En effet, on a pu estimer à environ 5% du poids vif la perte annuelle provoquée par l'effet direct des tabanides (harcèlement, douleur, prédation sanguine) sur les bovins, et entre 10 et 30% la perte de poids vif enregistrée chez les chevaux, particulièrement sensibles à ce fléau, pendant les deux mois d'activité des tabanides. S'il a été démontré par Raymond et Favre que la lutte chimique par aspersion du bétail à l'aide d'un insecticide, tous les 10 jours pendant les deux mois d'activité des taons, permet de réduire cette nuisance, l'évaluation de la lutte par piégeage n'a jamais été réalisée.

Les travaux sur le contrôle des tabanides sont encore peu développés, probablement du fait que les méthodologies d'étude de ces insectes, très mobiles et dont les règles de la dynamique saisonnière sont mal connues, constituent des écueils décourageants. S'il est vrai que la haute saisonnalité de leur abondance tend à réduire l'importance qu'on leur accorde, il faut bien voir que leur nuisance est essentiellement cumulative, et qu'en conséquence, la maîtrise des pics d'hyper-abondance est nécessaire, et sera probablement aisément rentable pour autant que les éleveurs disposent d'une méthode de lutte efficace et rapidement mise en place. Le piégeage pourra très certainement faire partie de cet arsenal, aux côtés ou à la place des traitements chimiques insecticides. Des voies de recherches sont donc largement ouvertes dans ce domaine pour évaluer l'efficacité et la rentabilité du piégeage.

De même, la lutte contre les stomoxes est assez peu développée, et, si les performances de capture du piège Vavoua sont très élevées, on ne connaît pas bien l'impact d'un tel piégeage sur les populations de stomoxes. En outre, plusieurs modalités d'application des insecticides récemment développées mériteraient d'être évaluées ; en particulier l'application des acaricides / insecticides sur les bovins à l'aide de pédiluves, qui a été initialement développée par F. Stachurski pour le contrôle d'*A. variegatum*, et celle des insecticides sur des filets de protection du bétail développée par B. Bauer pour la lutte contre les glossines.

Ces techniques pourront être évaluées pour le contrôle des tabanides et des stomoxes.

## **5. Bilan et réflexions sur les activités de formation et d'encadrement**

La recherche génère des connaissances innovantes ou spécifiques qui ne sont parfois pas dispensées dans des cursus de formation établis ; le transfert des connaissances est donc un des aboutissements ultimes de toute recherche finalisée. Une partie de l'encadrement des étudiants réside dans le transfert de ces connaissances, une autre, dans ce que l'on considère plus généralement comme l'encadrement des recherches. Les transferts de connaissances m'ont permis d'apporter une contribution à la formation d'une centaine de personnes, et l'encadrement de la recherche m'a permis de contribuer à la formation d'une vingtaine de personnes dont 5 vétérinaires, 8 DEA ou DESS et 4 thésards de doctorats d'universités, en tant que conseiller ou membre associé des jurys.

### **Transferts de connaissances**

Dans le domaine des transferts de connaissances, j'ai été amené à préparer et dispenser plusieurs cours collectifs portant sur le diagnostic, l'épidémiologie et le contrôle des hémoparasitoses et de leur vecteurs. Ainsi une série de 10 cours de qualité et de dimension croissantes a été réalisée entre 1993 et 2004, qui m'a permis d'encadrer une centaine d'étudiants dans des domaines de connaissances spécifiques sur les hémoparasitoses et leurs vecteurs. Dans ce cadre j'ai édité plusieurs supports de cours à caractère didactique et bibliographique, dont deux sont disponibles en permanence au CIRDES.

Dans le cadre des transferts de technologies ou de connaissances, j'ai publié plusieurs fiches techniques - selon les cas, à destination des éleveurs, techniciens, vétérinaires et chercheurs - dans les domaines du diagnostic, de l'épidémiologie, et de la lutte contre les hémoparasitoses et leurs vecteurs.

Dans le cadre des transferts de connaissances, j'ai également publié deux ouvrages de synthèse sur les trypanosomoses et leurs vecteurs en Amérique Latine (en anglais), et sur les vecteurs mécaniques des trypanosomes, avec en particulier, une clef de diagnose simplifiée pour l'Afrique de l'Ouest (en français). Ces modes de transfert complètent agréablement l'austérité des publications scientifiques qui, en dehors d'une revue sur un sujet, sont le plus souvent des documents fragmentaires semblables aux pièces, en noir et blanc, d'un puzzle non assemblé. Je regrette seulement de n'avoir jusqu'à ce jour pas réussi à publier le premier ouvrage en français.

Dans le cadre de la vulgarisation des connaissances aux éleveurs des Guyanes, nous avons, avec des collègues vétérinaires, élaboré en français, fait traduire en anglais et espagnol et diffusé 3 ouvrages sur les tiques, les taons et les hémoparasitoses.

A la limite du transfert et de l'échange d'information, j'ai été amené à présenter oralement une trentaine de fois des travaux dans des conférences nationales, régionales ou internationales, dont 5 fois sur invitations pour assurer des présentations (voire des cours) sur des thèmes spécifiques dans lesquels mon expérience est reconnue (diagnostic, épidémiologie et lutte).

Enfin, dans le domaine des échanges d'information, j'ai partagé la mise en place d'un réseau d'information sur les hémoparasitoses dans les Guyanes, et toujours contribué à celui conduit par le Dr Touratier sur les trypanosomoses animales non transmises par les

glossines. J'ai co-organisé le premier symposium sur les trypanosomoses animales dans le Nouveau Monde et présidé le second. Dans le cadre du PROCORDEL j'ai en outre co-organisé plusieurs séries d'ateliers de restitution (7), de diffusion (2), de formation (3) et de dialogues régionaux (2) sur les divers thèmes de recherche du programme.

## Méthodologie de l'encadrement

L'encadrement d'étudiants de divers niveaux est une expérience fort enrichissante qui permet de visiter ou revisiter divers champs de connaissances théoriques et appliquées à des domaines souvent assez précis ou particuliers. D'un point de vue méthodologique, pour les formations diplômantes, cet encadrement prend le plus souvent le chemin suivant : (1) le choix d'une problématique, (2) la réalisation d'une étude bibliographique, (3) la définition d'un objectif de recherche, (4) la définition d'une méthodologie de recherche, (5) sa mise en place et son exécution, (6) l'analyse des données, et (7) une réflexion finale sur les conclusions du travail réalisé et les perspectives de la problématique au vu des nouvelles données acquises, sans oublier (8) la rédaction d'un manuscrit et (9) la préparation d'une présentation orale illustrée. Mon intervention à ces divers niveaux a été variable :

(1) le choix de la problématique : en tant que responsable de divers programmes de recherche ou en tant que chef d'Unité de recherche, j'ai parfois été à l'origine du choix de la problématique, d'autres fois j'ai contribué ou simplement accueilli les thèmes choisis par les étudiants ;

(2) la réalisation de l'étude bibliographique : elle est essentiellement réalisée par les étudiants, toutefois j'ai été amené selon les cas à la définir, la faciliter, la délimiter, la compléter ou parfois à fournir les éléments bibliographiques déjà constitués dans des études préalables ou préliminaires ;

(3) la définition de l'objectif de recherche : ce travail est très étroitement réalisé avec le candidat qui doit avoir une vision très claire de ses objectifs et en conséquence les définir lui-même, assisté du maître de stage ou de l'encadreur ;

(4) la définition d'une méthodologie de recherche : ici également il est de première importance que le candidat soit capable de générer lui-même la méthodologie, toutefois, s'il exécute ses premiers pas dans la recherche il est évident que l'encadreur doit susciter du candidat la découverte par lui-même de la méthodologie la mieux adaptée à l'atteinte des objectifs fixés, en adéquation avec les moyens disponibles dans le laboratoire d'accueil et/ou à sa portée ; il peut également être nécessaire de renvoyer l'étudiant à diverses sources d'information, en particulier dans le domaine des statistiques ;

(5) la mise en place de la méthode : le rôle de l'encadreur peut, selon le degré de responsabilisation de l'étudiant, se limiter à une simple supervision des points clés ou à une mise en place accompagnée ;

(6) l'analyse des données : c'est essentiellement le travail et l'exercice de l'étudiant, qui peut être guidé par l'encadreur dont l'expérience permet généralement de mieux « sentir » les voies d'investigations qui pourraient aboutir favorablement ; c'est également, au terme de cette étape, l'occasion pour l'encadreur de pousser l'étudiant dans ses retranchements pour vérifier qu'il a bien exploré l'ensemble des résultats produits par sa recherche ;

(7) conclusions et perspectives : elles doivent être le fruit de la réflexion de l'étudiant et l'encadreur se limite le plus souvent à vérifier qu'aucun point important n'a été omis, et, son expérience lui offrant un panel d'analogies et/ou de parallèles plus étoffés, il pourra suggérer à l'étudiant des ouvertures sur le sujet ;

(8) la rédaction du manuscrit : selon les cas, l'intervention de l'encadreur est ici nulle (très rare), mineure (rare), importante tout au long de la rédaction (fréquent), ou déterminante et nécessitant une refonte importante (occasionnel). Il faut dire qu'il est rare mais au combien soulageant d'arriver à ce stade sans avoir à reprendre les bases de la langue française : orthographe, sémantique et dialectique ! Faut-il y voir un signe de notre temps ? Une certaine dégradation de l'expression écrite liée aux nouveaux modes de



communication ? Ces questions trouveront certainement des réponses sous la plume de nos historiens, malheureusement, il sera trop tard pour y remédier !

## Résumé des stages et/ou formations encadrés

La liste des étudiants que j'ai encadrés, qui figure en détail au chapitre 3, est résumée au **tableau 4** par niveaux et thèmes généraux des stages.

**Tableau 4 : Résumé des formations diplômantes encadrées**

Diplômes	Thèmes des stages	Nombre d'étudiants
Brevet de technicien	Pathologie bovine en péri-urbain laitier	1
Thèse de Pharmacie	Activité trypanocide des plantes	1
Thèse Vétérinaire	Epidémiologie (3), diagnostic (2)	5
Maîtrise / Master	Diagnostic par PCR, Ecologie des glossines	2
Certificat d'Etude Vétérinaires Approfondies (CEAV)	Essais d'immunisation de mammifères contre des arthropodes hématophages	2
Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS)	Trématodoses ; Immunisation congopaine ; Prophylaxies des hémoparasitoses ;	4
Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA)	Epidémiologie (1) ; Diagnostic PCR (2)	4
Thèse de Doctorat d'Université	Caractérisation des trypanosomes ; Transmission mécanique des trypanosomes	4
<b>TOTAL</b>		<b>23</b>

## Réflexions sur l'encadrement de la recherche

Dès le début de ma carrière de chercheur, j'ai eu la chance d'avoir, aux côtés de fonctions administratives variables, des fonctions principales d'animation et d'encadrement de la recherche. Ainsi, dès ma première affectation en Nouvelle Calédonie j'animais un petit laboratoire de parasitologie, puis un autre en Guyane Française avec une équipe de 4 à 5 personnes, à laquelle s'associaient plusieurs jeunes chercheurs de l'Institut Pasteur de Cayenne. Au Burkina Faso, au cours d'un séjour de 8 années, j'assumais d'abord la fonction de chef du service de biotechnologie - qui comptait une dizaine de personnes-, puis celle aux responsabilités administratives mais surtout scientifiques croissantes de chef de l'URBIO (Unité de recherche sur les bases biologiques de la lutte intégrée), la plus grosse Unité de recherche du CIRDES qui résultait de la fusion des unités « épidémiologie » et « lutte anti-vectorielle ». Cet exercice m'a permis de me familiariser avec la gestion du personnel (une 50<sup>aine</sup> de personnes), les règles administratives et financières, mais - le plus palpitant - il m'a permis de cogérer un ensemble de programmes avec 7 chercheurs confirmés et autant d'étudiants à l'encadrement desquels je participais en tout ou partie. Cette phase de ma carrière est certainement celle qui m'a donné le plus d'opportunités pour encadrer et animer la recherche de manière la plus concrète, palpitante et productive. Enfin, la troisième fonction qui m'a été confiée fut celle de coordonnateur régional du Programme concerté de recherche développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest (PROCORDEL), un programme financé par l'Europe, sous forme d'un multi-partenariat d'une 15<sup>aine</sup> d'organismes appartenant aux SNRAs des pays membres ou associés du CIRDES (Burkina, Côte d'Ivoire, Bénin, Ghana, Togo, Mali et Niger). Dans ce cadre je poursuivais largement l'encadrement de la

recherche dans l'ensemble des domaines de la pathologie, mais également, avec beaucoup d'intérêt dans celui des productions animales ; l'écueil de cette nouvelle fonction était toutefois la très lourde charge de responsabilités administratives et financières. A l'issue de ces expériences je suis aujourd'hui convaincu que la fonction de chef d'unité est celle qui a le mieux convenu à l'exercice et à la gestion de la recherche, ainsi qu'à mes prédispositions et mes aspirations.

Au terme des encadrements de jeunes chercheurs que j'ai pu effectuer à ce jour, je sais, au dernier entretien que nous avons eu au moment de leur départ où une gratitude réciproque a toujours prévalu, aux observations des jurys qui les ont notés, et bien sûr aux contacts que nous avons pu garder, que je n'ai pas failli à ma tâche comme ils n'ont pas failli à la leur, et que les bénéfices de ces expériences ont toujours été réciproques.

## **6. Conclusions et perspectives**

### **De l'encadrement de la recherche**

L'acquisition de connaissances et de savoir-faire extra-universitaires très spécifiques implique, lorsque leur titulaire a pleinement conscience de leur intérêt, un devoir de transfert qui échappe aux règles classiques de l'enseignement universitaire ou professionnel ; la formation, l'encadrement, la diffusion sont donc autant de parallèles obligatoires pour les pionniers de tous domaines.

Pour ce qui concerne plus particulièrement la recherche scientifique, puisqu'elle requiert d'être en permanence pionnier dans la réflexion, l'hypothèse, l'analyse, l'expérience, l'application, etc., le point commun sous-jacent dans la mise en œuvre de toute recherche est la détermination de la méthodologie la plus adéquate pour atteindre l'objectif fixé ; il est en outre impératif de conserver un esprit ouvert à toutes les hypothèses - même les plus contraires à nos aspirations -, à raisonner avec une rigueur extrême, et surtout à garder présent à l'esprit l'objectif immédiat autant que l'objectif général de la recherche entreprise.

Bien évidemment, l'acquisition de données sans cesse renouvelées et complétées constituant la connaissance, est le terreau nécessaire qui permet d'alimenter l'esprit et sur lequel l'imagination peut croître et s'exprimer avec bénéfice. La curiosité, elle, est une qualité que l'on peut considérer comme innée chez un étudiant car il est trop tard pour la susciter si elle n'existe pas déjà à ce stade d'éveil de l'esprit.

J'ai eu la chance au début de ma carrière, d'être en contact avec plusieurs encadreurs présentant ces diverses qualités, en particulier la saine rigueur scientifique qui permet de remettre en question à tout moment toute vérité pour peu que les faits y incitent, et de conserver ainsi un esprit critique et plein de fraîcheur, même au travers des temps. Des esprits passionnés et fervents qui s'abreuyaient d'informations et de données tout en restant capables de constituer sans impatience le puzzle de la connaissance, dont certains secteurs restent parfois bien longtemps incomplets, incertains voire déroutants. Ainsi, j'ai bénéficié d'un encadrement de la plus haute qualité dans mes recherches, avec notamment l'appui de feux P.C. MOREL et H. RAYMOND, ainsi que le soutien constant de G. UILENBERG, D. CUISANCE, L. FOIL, L. TOURATIER, J-L FREZIL et R. CHERMETTE auxquels je veux ici rendre hommage. Les autres collègues qui m'ont assistés me pardonneront de ne les avoir cités tous si par malheur ils tombaient sur ce document !

J'ai également eu l'opportunité d'encadrer très vite moi-même des étudiants de forts divers horizons, allant dans le domaine des formations diplômantes, du technicien d'élevage jusqu'au doctorat d'Université, et dans la formation continue, du technicien d'élevage, de lutte ou de laboratoire, jusqu'aux responsables de projet ou de laboratoire, ce qui m'a permis de côtoyer des personnes en formation ou en spécialisation, mais également des chercheurs ou futur chercheurs dans divers types d'activités allant du laboratoire à la ferme, du terrain à

la bibliothèque, de l'internet à la conférence villageoise ou internationale, et du cours collectif international à l'encadrement individuel et personnalisé des stagiaires ou doctorants. Dans tous les cas, si j'ai contribué à orienter leurs recherches bibliographiques et compléter leurs connaissances dans le domaine spécifique sur lequel ils opéraient, j'ai surtout, toujours avec beaucoup de plaisir, tenté de faire naître en eux une jouissance complice dans l'établissement des protocoles idoines, dont la juste détermination donne à la méthodologie expérimentale toute sa beauté et à son instigateur la satisfaction et la sérénité procurées par le sentiment d'avoir effectué les bons choix.

J'ai pour ce faire utilisé une pratique vieille comme le monde qui est celle de la maïeutique socratique, pour faire découvrir par eux-même aux étudiants la méthodologie idéale, dans le respect d'une logique formelle de la démonstration qui était chère, elle, à Platon ! Ainsi, certains de mes étudiants ont dû croire que j'étais amnésique tant je les questionnais et re-questionnais sans cesse sur leurs objectifs, mais c'est en mettant en brillance les objectifs, principaux ou intermédiaires, de la recherche que la juste méthodologie peut s'imposer, quasiment d'elle même, et que l'on peut déterminer les étapes d'une démonstration ou la vérification d'une hypothèse, en découpant avec adresse la problématique, jusqu'à n'obtenir que des éléments simples et analysables, qui forment un ensemble d'objectifs intermédiaires aisément démontrés ou atteints.

Le travail qui consiste à encadrer une recherche revient donc à l'empêcher de se perdre plutôt qu'à véritablement la diriger, et l'on peut, dans ce sens, le comparer à celui d'un guide qui, tout en faisant semblant de savoir où il doit vous mener, s'assurerait simplement que chacun de vos choix a été mûrement réfléchi et n'est pas critiquable, pour découvrir enfin avec vous, où vous l'avez conduit !

## Bilan

Diriger sa propre recherche est évidemment la chose la plus difficile qui soit, mais, la considérer comme celle d'un autre n'est pas non plus chose aisée !

A ce stade de ma carrière, après une vingtaine d'années dans la recherche, voici comment je vois l'état des divers thèmes auxquels j'ai frotté ma réflexion jusqu'alors. Ces conclusions temporaires seront évidemment remises en question à chaque avancée technologique permettant de les faire progresser.

Pour le diagnostic des trypanosomoses animales, dans le contexte économique des trypanosomoses du bétail, la recherche peine à faire progresser de manière déterminante les techniques de diagnostic - par ailleurs satisfaisantes dans leur état actuel - que sont le diagnostic parasitologique (test de Woo ou de Murray), la détection des anticorps par ELISA-indirect sur antigènes solubles de trypanosomes, et la détection de l'ADN par PCR mono-spécifique (ADN satellite) ou poly-spécifique (ITS1).

Il reste toutefois des voies d'amélioration, notamment le développement d'antigènes recombinants pour l'ELISA, ou celui de techniques de diagnostic applicables en conditions précaires de laboratoire ou sur le terrain, avec la LAMP (Loop-mediated isothermal amplification) (travaux en projet) ou des tests sérologiques sur bandelettes.

Pour l'épidémiologie des trypanosomoses bovines, la détermination des mécanismes des deux modes principaux basés sur la transmission cyclique d'une part et sur la transmission mécanique de l'autre étant réalisée, il convient de faire prendre plus généralement en considération cette dernière plutôt que de tenter de distinguer la part relative de chacune d'elles dans les zones mixtes où sont présents à la fois les vecteurs cycliques et mécaniques. Quoiqu'il en soit, sans risquer de trop en dire, je me limiterai à affirmer que la transmission mécanique en zone à glossine participe d'avantage au « lissage » génétique des souches de *T. vivax* qu'à la contamination de nouveaux hôtes, à l'exception de quelques foyers occasionnels dans lesquels les conditions de la transmission mécanique seraient optimales. Par ailleurs ces mêmes foyers sont déterminants dans l'épidémiologie des trypanosomoses dans les zones marginales ou indemnes de glossines dans lesquelles, en revanche, l'étude et le contrôle de la trypanosomose doivent être mieux

documentés et effectués à la lumière des données rassemblées notamment dans mon ouvrage sur les trypanosomoses du bétail en Amérique Latine.

Il est donc crucial aujourd'hui de diffuser l'information auprès des épidémiologistes qui seront amenés à faire leurs observations dans les zones libérées des glossines, afin qu'ils puissent prendre en considération les spécificités de la transmission mécanique.

Pour la lutte chimique contre les trypanosomes, il convient de ne pas dramatiser les résistances existantes, et continuer à gérer le problème avec le chlorure d'isométylpyridinium et l'acéturate de diminazène ainsi qu'il a été recommandé, en particulier selon les règles de bon usage de ces produits, et de recourir à la lutte anti-vectorielle en cas de poly-résistance cliniquement avérée et confirmée. Une surveillance épidémiologique de la résistance doit donc être opérée et le conseil et l'encadrement de l'usage des trypanocides renforcés. En toute vraisemblance, nous ne verrons pas de nouveaux trypanocides sur le marché avant longtemps, toutefois, les recherches dans ce domaine doivent être encouragées.

Pour la lutte contre les vecteurs mécaniques, il a été démontré qu'elle peut être rentable dès que leur abondance est très forte, et diverses méthodes disponibles peuvent être utilisées selon les contextes : abri du bétail par des étables, des fumées, utilisation d'insecticides sur le bétail ou sur les bâtiments d'élevage, piégeage etc. Il est regrettable que les essais d'immunisations anti-vectorielle n'aient pas abouti à des modèles exploitables et que le premier modèle expérimenté (*Boophilus microplus* / bovin) ait été le seul fonctionnel, car la prévention reste un objectif idéal, dont l'intérêt devance de loin celui du traitement.

L'efficacité et la rentabilité de la lutte pour enrayer la transmission de maladies par les vecteurs mécaniques n'ont jamais vraiment été évaluées et il conviendra qu'elles le soient dans un proche avenir afin de limiter la transmission de maladies aussi importantes que nombreuses et variées (trypanosomoses, anaplasmose, charbon, leucose bovine, anémie infectieuse des équidés, filaires, etc). De même, il conviendra de déterminer la responsabilité relative des vecteurs biologiques et des vecteurs mécaniques dans la transmission des agents pathogènes, comme il est rappelé au **tableau 5**, dans une liste non exhaustive de ces maladies.

Plusieurs technologies récemment développées méritent d'être évaluées pour la lutte chimique contre ces insectes, en particulier le pédiluve acaricide/insecticide et la protection du bétail par des filets imprégnés d'insecticides.

Les synthèses des données et des travaux réalisés dans l'ensemble de ces domaines de recherche, en particulier sur la trypanosomose bovine à *T. vivax* et sur la transmission mécanique des trypanosomes, ont rassemblées dans deux ouvrages publiés.

Il va de soi que de nouvelles recherches dans l'ensemble des domaines qui ont été abordés apporteront des outils toujours plus efficaces et permettant d'affiner l'analyse et le contrôle des maladies, comme il a été suggéré dans chacun des paragraphes précédents, toutefois, nous pouvons considérer que la communauté scientifique dispose d'ores et déjà d'outils permettant l'étude, le suivi et la maîtrise des trypanosomoses animales.

**Tableau 5 : Maladies infectieuses et parasitaires du bétail (et des carnivores) transmises mécaniquement (et/ou cycliquement) par des insectes hématophages en Amérique Latine**

AGENTS INFECTIEUX		TRANSMISSION	
Virus		Mécanique	Cyclique
Anémie infectieuse des équidés (AIE)			taons, moustiques ?
Blue-Tongue	)	Tabanidae	<i>Culicoides</i> spp.
Stomatite vésiculeuse	)	et	
Encéphalites équine	)	Stomoxyinae	Simuliidae, Culicidae
Fièvre aphteuse	)		
Rickettsies			
<i>Coxiella burnetii</i> (fièvre Q)	)	Tabanidae,	
<i>Eperythrozoon ovis</i>	)	Culicidae et	
<i>Anaplasma marginale</i>	)	Stomoxyinae	
Bactéries			
<i>Bacillus anthracis</i> (charbon bactérien)	)		
<i>Clostridium chauvoei</i> et <i>C. perfringens</i>	)		
<i>Pasteurella multocida</i> et <i>P. tularensis</i>	)	Tabanidae	
<i>Pasteurella bollingeri</i> (sépt. hémor. du buffle)	)		
<i>Francisella tularensis</i> (tularémie)	)	et	
<i>Brucella abortus</i> , <i>B. suis</i> , <i>B. melitensis</i>	)		
<i>Listeria monocytogenes</i>	)	Stomoxyinae	
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	)		
<i>Leptospira</i> spp.	)		
Protozoaires			
<i>Trypanosoma theileri</i>	)	Tabanidae	Tabanidae
<i>Trypanosoma vivax</i> et <i>T. uniforme</i>	)	Stomoxyinae	
<i>Trypanosoma evansi</i>	)	et	
<i>Trypanosoma equiperdum</i>	)	Hippoboscidae	
<i>Trypanosoma melophagium</i>			<i>Melophagus ovinus</i>
<i>Trypanosoma cruzi</i>			Reduviidae
Helminthes			
<i>Dirofilaria immitis</i>	)	Tabanidae	Culicidae
<i>Brugia guyanensis</i> et <i>B. beaveri</i>	)	Stomoxyinae	Culicidae
<i>Stephanofilaria stilesi</i>	)		Stomoxyinae
<i>Dipetalonema dracunculoides</i>	)		Hippoboscidae

## Perspectives

Outre les thèmes et voies de recherche qui entrent dans la continuité des travaux présentés ci-avant (diagnostic, épidémiologie, contrôle chimique, maîtrise des vecteurs), je poursuis des recherches sur la modélisation mathématique de la transmission mécanique. Le modèle développé à partir de la transmission des trypanosomes par des tabanides permettra de modéliser également la transmission par d'autres insectes hématophages de tout agent pathogène présent dans le sang de ses hôtes. Ainsi, le modèle pourrait être appliqué à la transmission mécanique de virus, bactéries, rickettsies, protozoaires, helminthes, (prions ?) par des tabanides, stomoxes, moustiques et autres insectes piqueurs. Les données en résultant fourniront très certainement de nouveaux éclairages sur l'épidémiologie de nombreuses maladies qui, comme la trypanosomose, sont transmissibles à la fois de manière cyclique ou biologique par un hôte intermédiaire spécifique, mais également de manière mécanique par une large gamme d'insectes hématophages.

Il convient maintenant de développer une méthodologie d'analyse, de compréhension et de prédiction de la transmission mécanique d'agents pathogènes dans une population hôte à partir de paramètres aisément mesurables et que l'on peut extrapoler avec un minimum de sécurité. C'est l'objectif des travaux en cours.

D'une part, à la lumière des études de la trypanosomose bovine strictement transmise par des vecteurs mécaniques en Amérique Latine, et de celles des trypanosomoses bovines transmises cycliquement et mécaniquement en Afrique, et de l'autre, après avoir fait le point sur les trypanosomoses à *T. evansi* en Amérique Latine et en Afrique, il a été convenu avec la hiérarchie de l'UMR « trypanosomoses » que j'oriente mes travaux et recherches futurs sur la trypanosomose à *Trypanosoma evansi*, en Asie du Sud-Est, afin de satisfaire la demande récente de la recherche et de la santé dans ce domaine, tout en complétant ma connaissance des trypanosomoses animales non transmises par les glossines.

*T. evansi* a été décrit pour la première fois par G. Evans, sur des chameaux et des chevaux, en Inde, en 1880. Il a également été décrit un peu plus tard dans l'ensemble de l'Amérique Latine. Le parasite, originaire d'Afrique, est probablement dérivé de *T. brucei brucei*, et serait devenu incapable d'effectuer son cycle chez la glossine du fait de la délétion de ses maxi-cercles kinétoplastiques. Son principal mode de transmission est en conséquence la transmission mécanique par des insectes piqueurs. Cette caractéristique a permis dans un premier temps son extension en Afrique au nord la zone infestée par les glossines, où il possède des hôtes présentant des parasitémies particulièrement élevées, et favorables à ce type de transmission : les dromadaires et les chevaux. Au départ de l'Afrique, *T. evansi* a donc été « exporté », avec ses hôtes, vers les autres continents.

En Amérique Latine, il a trouvé un vecteur biologique qu'il ne possède pas sur son continent d'origine : le vampire, *Desmodus rotundus*, qui s'avère être simultanément un hôte, un réservoir et un vecteur du parasite. La capacité de *T. evansi* pour la transmission oro-digestive est également importante puisqu'elle permet des contaminations aisées poulainement par exemple, mais également celle des carnivores, voire de l'homme, par ingestion de viande ou abats frais infectés. *In fine* *T. evansi* est le trypanosome qui possède à la fois la plus large distribution géographique, le plus large éventail de modes de transmission et la plus large gamme d'hôtes sauvages et domestiques (plus d'une trentaine d'espèces de mammifères domestiques et autant d'espèces sauvages identifiées et même des infections décrites chez la poule en Chine). L'importance relative de ces espèces varie selon les continents ; ainsi, les infections à *T. evansi* touchent principalement les dromadaires et les équidés en Afrique ; les chevaux les chiens, les buffles d'eau (*Bubalus bubalis*), mais également les vampires, les cerfs et le capybara en Amérique Latine ; les buffles, les équidés et les bovins, mais également les porcs, moutons, chèvres, chiens, chats, tigres, éléphants et rongeurs en Asie.

La présence et l'impact significatif d'infections à *T. evansi* dans l'ensemble de l'Asie ont été revus initialement par A. Luckins, et plus récemment par S. Reid, qui signalent l'infection notamment en Inde, au Népal, au Pakistan, en Chine, en Mongolie, en Iran, aux Philippines, en Indonésie, au Viêt-Nam, au Bhoutan, au Laos, au Myanmar et en Thaïlande.

L'intérêt croissant de la communauté scientifique pour ce parasite peut sembler tardif, mais est probablement justifié par les parasitémies fréquemment fugaces de cette espèce de trypanosome - contrairement à toutes les autres espèces d'intérêt vétérinaire - responsables d'une sous-évaluation de sa présence et de son impact. Quoiqu'il en soit, des foyers épizootiques sont régulièrement décrits sur des équidés, des buffles d'eau, des bovins, des chiens, mais également les chèvres et les porcs aux Philippines, avec des paramètres épidémiologiques pouvant atteindre 60% de porteurs d'anticorps, 20% de malades et 5% de morts ; la trypanosomose y est considérée comme la seconde maladie du bétail après la fasciolose. En Inde, dans le seul état d'Haryana, en moyenne 160 foyers épizootiques ont été enregistrés chaque année chez les bovins entre janvier 2001 et décembre 2003 (Jindal *et al* 2004). En Indonésie, d'importants foyers ont été décrits avec de forts taux de mortalité chez les bovins et les buffles, avec ou sans association à l'anaplasmose.

En Thaïlande, en 1984-89 une enquête menée dans 9 provinces au Nord-Est du pays (Kasemsant *et al* 1989) indique l'existence de 92 foyers épizootiques, et fournit les prévalences très élevées chez les bovins (13%), les buffles (20%), les chevaux (57%) et les chiens (100%). Les enquêtes séro-épidémiologiques (IFAT) récentes chez les bovins et les buffles montrent des prévalences de l'ordre de 30 à 60% selon les espèces et les zones géographiques (Nishikawa *et al* 1990) ; les prévalences les plus élevées sont observées chez les buffles dans le Nord du pays et chez les bovins dans le centre. Lors de foyers épizootiques, la prévalence peut être totale comme le montre l'étude rapportée par Sarataphan *et al* (1989) dans laquelle les prévalences parasitologique et sérologique (IFAT) atteignent respectivement 81% et 100%. Des foyers épizootiques sont également observés chez des cerfs d'élevage (Indrakamang *et al* 1996), et des traces sérologiques chez des éléphants, par IFAT et ELISA (Tuntasuvan *et al* 1997). *T. evansi* a finalement été observé dans l'ensemble du pays.

*T. evansi* est un parasite monomorphe, longtemps considéré comme homogène du point de vue génétique. Toutefois, les explorations de son génomes réalisées jusqu'alors ne semblent pas refléter les importantes variations qui sont observées dans sa pathogénicité. Ainsi, chez les bovins, selon les souches, les animaux peuvent être réfractaires à l'infection, ou sujet à des infections chroniques voire aiguës. Chez les buffles la maladie peut souvent passer inaperçue, mais dans certains cas les signes clinique sont : raideur, conjonctivite, amaigrissement, œdème des membres, fièvre, inappétence, dyspnée, anémie etc (Loehr *et al* 1985). De même, certaines souches affectent les porcs ou les souris avec des gravités très variables. Chez les porcs en reproduction les rashes cutanés avec pétéchies sont bien visibles sur les oreilles, le ventre, les flancs et le scrotum. Des troubles nerveux, des fièvres avec avortements et des mortinatalités sont également attribués à la maladie (Timsad *et al* 1985 ; Loehr *et al* 1986). La caractérisation génétique du parasite devra donc être entreprise en liaison avec sa pathogénicité et sa spécificité d'hôte.

La distribution géographique exacte du parasite en Asie n'est pas connue et des soupçons portent sur la Papouasie Nouvelle Guinée, une voie d'accès à l'invasion de l'Australie, qui héberge un vaste réservoir potentiel sauvage et domestique, et constituerait un terrain neuf où *T. evansi* pourrait aisément se répandre.

Quelques cas récents de trypanosomose humaine due à *T. evansi* ont été signalés en Inde ; bien que les particularités génétiques de ces sujets puissent expliquer ces cas, la potentialité des infections humaines par *T. evansi* est avérée, et renforce l'intérêt porté sur cette espèce dont l'étendue du réservoir et des modes de contamination pourrait contribuer à faire de cette trypanosomose une zoonose émergente.

Les nombreuses et récentes études sur le thème (équipes de Davison, Lun, Molina, Payne, Reid, Singh, Tuntasuvan, Watanapolasin, Wuyts, etc.), témoignent de l'intérêt nouveau porté sur cette espèce et justifient la contribution des organismes de recherche tropicale français à l'amélioration des connaissances dans ce domaine.



## 7. Principales publications et résumés de publications

### Résumés des Thèses

#### Doctorat vétérinaire

##### *Boophilus microplus*, biologie et modes de lutte, applications à la Nouvelle Calédonie.

Dans le cadre du laboratoire de parasitologie de l'IEMVT en Nouvelle-Calédonie, des mises au point et des expérimentations portant sur la tique du bétail, *Boophilus microplus*, ont été menées pendant plus d'un an afin d'améliorer la lutte contre ce parasite, fléau majeur de l'élevage bovin.

Avec l'apparition des résistances à l'éthion, la maîtrise du parasite est devenue très insuffisante, particulièrement dans les élevages de races sensibles (*Bos taurus*), qui sont majoritaires en Nouvelle-Calédonie. Une lutte intégrée doit impérativement être mise en place, alliant l'usage des acaricides à celui des méthodes écologiques et agropastorales: aménagement et rotation des pâtures.

La mesure de la résistance des tiques à l'éthion a montré que plus d'un tiers des élevages à problèmes possèdent des souches résistantes. L'expérience australienne permet de proposer des acaricides de substitution. La mise au point d'un dosage biologique de l'éthion a autorisé un meilleur suivi des traitements. Des expériences sur l'activité acaricides de certaines plantes montrent leur intérêt dans l'aménagement des pâtures. La mesure de la durée de survie des larves dans le milieu selon les variations climatiques fournit des éléments essentiels à l'élaboration de plans de prophylaxie par rotation des pâtures.

Dans les années à venir, un élément nouveau prendra peut-être place auprès des diverses méthodes de lutte, avec l'immunisation des bovins contre les tiques.

Les trypanosomoses du bétail en Amérique Latine ;  
études spéciales dans le Plateau des Guyanes.

Les principaux trypanosomes trouvés chez le bétail en Amérique Latine sont *Trypanosoma vivax*, *T. evansi*, *T. equiperdum*, *T. cruzi* et *T. theileri* ; ces deux derniers sont peu pathogènes chez le bétail. *T. vivax* est pathogène chez les ruminants (anémie, amaigrissement), et *T. evansi* chez les chevaux et les chiens (amaigrissement, mortalité), tandis que les buffles sont sensibles aux deux parasites (anémie, avortements). *T. equiperdum* n'est pathogène que chez les équidés, dans des foyers sporadiques. Ces trypanosomes interfèrent dans le diagnostic de laboratoire, alors qu'hémoparasites (*Anaplasma marginale*, *Babesia* spp., etc) et autres agents infectieux interfèrent sur le plan clinique.

Une première partie, essentiellement bibliographique, fait le point des connaissances sur ces trypanosomes : origine, vecteurs, pathogénicité et répartition géographique; il en ressort que l'épidémiologie, la prévalence, et l'impact médical et économique sont souvent mal connus du fait du manque de spécificité et/ou de sensibilité des tests utilisés dans les enquêtes épidémiologiques.

Une seconde partie, principalement expérimentale, présente des études spéciales réalisées dans les Guyanes. La mise en place conjointe, par le CIRAD-EMVT<sup>4</sup> et l'IICA<sup>5</sup>, d'un réseau d'information sur les hémoparasites dans les Guyanes (TRYPNET), et la collaboration avec des laboratoires internationaux ont permis de réaliser des enquêtes épidémiologiques au Guyana, au Suriname et en Guyane Française, pour déterminer la prévalence des infections à *T. vivax* chez les bovins, collecter et diffuser des informations (TRYPNEWS<sup>6</sup>), éprouver diverses techniques de diagnostic, et établir que l'importance relative de *T. evansi* dans les Guyanes est négligeable. Les études ont donc porté plus particulièrement sur *T. vivax*, et des enquêtes approfondies menées en Guyane Française chez les ovins et bovins ont permis de déterminer les principaux éléments de son épidémiologie.

L'évaluation du test de Woo, de tests de détection d'immunoglobulines M (IgM) (CATT test et ELISA) et d'IgG par ELISA-indirectes *Trypanosoma* spp., la réévaluation des antigène-ELISA, ainsi que l'amélioration des techniques de PCR pour le diagnostic des trypanosomoses ont été réalisées, sur la base d'infections expérimentales (*T. vivax* et *T. evansi*) et d'échantillons collectés sur le terrain. Mis à part les antigène-ELISA, insuffisamment sensibles et spécifiques, et la détection des IgM insuffisamment reproductible, les techniques éprouvées trouvent leur application dans divers contextes, mais la détection spécifique d'espèce des anticorps et des antigènes fait cruellement défaut ; ainsi *T. cruzi* et *T. evansi* interfèrent-ils dans le sérodiagnostic de la dourine chez les équidés, et dans celui de la trypanosomose à *T. vivax* des ruminants.

La caractérisation de souches de *T. vivax* et *T. evansi* de Guyane Française et du Venezuela a été entreprise (morphométrie, culture sur souris, pathogénicité chez le mouton, protection croisée entre souches de *T. vivax*, et caractérisation par PCR avec des amorces arbitraires) ; il en résulte que la pathogénicité des *T. vivax* locaux n'atteint pas celle de certaines souches africaines mais son importance médicale et économique n'en est pas pour autant négligeable; des hypothèses sont formulées sur la relation entre pathogénicité et

<sup>4</sup> CIRAD-EMVT : Centre de Coopération International pour la Recherche Agricole et le Développement-Elevage et Médecine Vétérinaire Tropicale ;

<sup>5</sup> IICA : Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture ;

<sup>6</sup> TRYPNEWS : Newsletter of the hemoparasite information network (TRYPNET).

polymorphisme génétique lié au mode de transmission (mécanique en Amérique et principalement cyclique en Afrique). Le rôle des ovins, pressenti sur le terrain comme hôte et réservoir de *T. vivax* et *T. evansi*, est confirmé en conditions expérimentales.

Les modes de lutte contre les trypanosomes et leurs vecteurs sont présentés, ainsi que l'étude de la sensibilité de parasites locaux aux 2 trypanocides les plus utilisés sur le continent ; il en résulte que la plupart des souches sont résistantes à l'acéturate de diminazène mais sensibles au chlorure d'isométymidium. Des essais de lutte contre les taons par immunisation des bovins à l'aide d'antigènes intestinaux de Tabanidés n'augurent pas d'un mode de lutte efficace.

Enfin, une synthèse sur la trypanosomose à *T. vivax* en Guyane Française est présentée, la stratégie de recherche sur le plan du diagnostic est discutée ainsi que les perspectives de contrôle des trypanosomes présents en Amérique Latine, et les risques d'extension géographique et/ou temporelle de ces parasites.

## Ouvrages

### Synthèse sur les trypanosomoses et leurs vecteurs en Amérique Latine

#### Livestock trypanosomes and their vectors in Latin America

by M. Desquesnes

This study of livestock trypanosomoses in Latin America, the first of its kind, provides an overview of the situation as it was between 1990 and 1995, and will serve as a benchmark for future studies and comparisons. The study's appraisal of mechanical vectors and their harmful effects focuses on the damage that Tabanids can cause, and provides statistics on their impact on the livestock industry. These statistics alone provide sufficient justification for undertaking seasonal strategic control measures against these insects, whose effect on livestock, while often localised and short-lived, has not thus far been given proper consideration.

This book's analysis of the typical epidemiology of mechanically transmitted bovine trypanosomosis can be used as a model not only for Latin America, but also for areas of Africa where *Glossina* populations have receded, and where, therefore, biologically transmitted trypanosomosis has been eradicated. As a result of the elimination of this biological vector (thanks to the hopeful success of the Pan African Tsetse and Trypanosomosis Eradication Campaign [PATTEC]), a pattern of purely mechanical transmission may become established in these areas and this study will be useful for veterinarians in Africa as they investigate ways to control this type of transmission cycle.

The general overview of diagnostic tools and methods of controlling trypanosomoses can be applied to America, Africa and Asia. Similarly, the data on mechanically transmitted trypanosomes provides a model for different mechanically transmitted pathogens on several continents and as such, this book will be of interest to a broad range of readers.

Students, teachers and researchers will find this review useful, as will physicians and epidemiologists dealing with Chagas' disease, an important human disease caused by the parasite *Trypanosoma cruzi*. Although largely found in Latin America it has been reported in eight southern states of the United States of America and appears to be progressing northwards. The disease is not well-defined, but this publication contains the information that is currently available and highlights the crucial role played by wild and domestic animals in the epidemiology of Chagas' disease.

## Synthèse sur les vecteurs mécaniques des trypanosomoses animales

Les vecteurs mécaniques des trypanosomoses animales ;

Généralités, morphologie, biologie, impacts et contrôle ;  
identification des espèces les plus abondantes en Afrique de l'Ouest.

Par M. Desquesnes, M.L. Dia, G. Acapovi et W. Yoni

La transmission par vecteur mécanique est définie comme le transfert d'agents pathogènes à partir d'un hôte infecté vers un hôte sain par un insecte piqueur sans association biologique entre le vecteur et l'agent pathogène. De très nombreux insectes sont donc des vecteurs mécaniques potentiels et de très nombreux agents pathogènes circulant dans le sang de leurs hôtes peuvent ainsi être transmis, pourtant ce mode de transmission a été peu étudié en comparaison aux systèmes de transmission biologique.

Cet ouvrage rassemble les données générales, systématique, morphologie, biologie, des principaux insectes vecteurs mécaniques : Tabanidés, Stomoxyinés, Hippoboscides etc. Il étudie les nuisances directes et indirectes de ces insectes et analyse le phénomène de transmission mécanique ainsi que les conditions minimales de sa réalisation et les conséquences épidémiologiques sur la trypanosomose bovine transmise mécaniquement. En particulier l'épidémiologie comparée des trypanosomoses transmises de manière cyclique et mécanique est analysée et présentée pour la première fois. Les moyens de capture et de contrôle des vecteurs mécaniques sont passés en revue et un nouveau piège pour les vecteurs mécaniques est présenté.

Enfin, les méthodes d'identification des insectes sont abordées, et des clefs simplifiées, basées sur celles d'Oldroyd, Goodwin et Zumpt et sur une iconographie très riche sont présentées pour permettre l'identification rapide des principales espèces d'insectes vecteurs mécaniques des trypanosomes présentes en Afrique de l'Ouest.

## Sommaire par thèmes des publications dans des journaux scientifiques

La liste des publications par thèmes est suivie de la reproduction d'une sélection de 15 de ces publications (marquées d'un astérisque).

### Diagnostic

#### Parasitologique

\* Desquesnes, M. et Tresse, L., 1996. Evaluation de la sensibilité du test de WOO pour la détection de *Trypanosoma vivax*. *Rev. Élev. Méd. vét. Pays trop.* **49**(4), 315-321.

#### Antigen-ELISA

\* Desquesnes, M., 1995. Evaluation of three antigen detection tests (monoclonal trapping ELISA) for African trypanosomes, with an isolate of *T. vivax* from French Guyana. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 791, July 23, 1996: 172-184.

Desquesnes, M. & La Rocque, S. (de), 1995. Comparaison de la sensibilité du test de WOO et d'un test de détection des antigènes de *Trypanosoma vivax* chez deux moutons expérimentalement infectés avec une souche guyanaise du parasite. *Rev. Élev. Méd. vét. Pays trop.* **48** (3): 247-253.

#### ELISA-indirecte

\* Desquesnes, M., 1997. Standardisations internationale et régionale des épreuves immuno-enzymatiques : méthodes, intérêts et limites. *Rev. Sci. tech. Off. int. Epiz.* **16**, 809-823.

\* Desquesnes, M., Bengaly, Z., Millogo, L., Meme, Y. and Sakande, H., 2001. "The analysis of the cross-reactions occurring in antibody-ELISA for the detection of trypanosomes can improve identification of the parasite species involved." *Ann. Trop. Med. Parasitol.* **95**(2): 141-155.

Desquesnes, M., Bengaly, Z. & Dia, M. L., 2003. Evaluation de la persistance des anticorps détectés par ELISA-indirect *Trypanosoma vivax*, après traitement trypanocide chez des bovins naturellement infectés. *Rev Elev Méd vét pays Trop*, **56**(3-4), 141-144.

#### PCR classique

\* Desquesnes, M., 1997. Evaluation of a simple PCR technique for the diagnosis of *Trypanosoma vivax* infection in the serum of cattle in comparison to parasitological techniques and antigen-enzyme linked immunosorbent assay (Ag-ELISA) *Acta Tropica* **65**, 139-148.

Desquesnes, M. et Tresse, L., 1996. Evaluation de la sensibilité de la PCR pour la détection de l'ADN de *Trypanosoma vivax* selon divers modes de préparation des échantillons sanguins. *Rev. Élev. Méd. vét. Pays trop.* **49**(4), 322-327.

Bengaly Z., Kasbari M., Desquesnes, M., Sidibé I., Duvallet G., 2000. Validation of a polymerase chain reaction assay for monitoring the efficacy of diminazene aceturate treatment in trypanosome-infected sheep. *Veterinary Parasitology*. **96**, 101-113.

#### PCR ITS1

\* Desquesnes, M., McLaughlin, G., Zoungrana, A., Dávila, A.M.R., 2001. Detection and identification of *Trypanosoma* of African livestock through a single PCR based on internal transcribed spacer 1 of rDNA. *Int. J. Parasitol.* **31** (5-6) 610-614.

Desquesnes M., Ravel S. Cuny G., 2002. PCR identification of *Trypanosoma lewisi*, a common parasite of laboratory rats; *Kinetoplast Biol Dis* 2002, **1** (1): 2

### Revue sur le diagnostic

\* Desquesnes M. & Dávila A. M. R. (2002). Applications of PCR-based tools for detection and identification of animal trypanosomes ; a review and perspectives. *Veterinary Parasitology* **109**(3-4), 213-231.

Desquesnes, M., Itard, J., Cuny, G., Solano, P. & Authié, E., 2003. Trypanosomoses: diagnostic. In : *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail ; Europe et régions chaudes*; Lefèvre, P-C, Blancou, J. Chermette, R.; Ed Tec & Doc et EMI; Lavoisier, **2**, 1679-1694.

## **Epidémiologie**

### Epidémiologie générale

Desquesnes, M. & Gardiner, P. (1993). Epidémiologie de la trypanosomose bovine (*Trypanosoma vivax*) en Guyane Française ; *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* **46**, 463-470.

\* Desquesnes, M., Michel J-F, La Rocque (de) S., Solano P., Millogo L., Bengaly Z., SIDIBE I., 1999. Enquête parasitologique et sérologique (ELISA-indirectes) sur les trypanosomoses des bovins dans la zone de Sidéradougou, Burkina Faso. *Revue d'élevage et de Médecine vétérinaire des pays tropicaux* **52**, 3-4: 223-232.

Michel, J.-F., Dray, S., La Rocque (de), S., Desquesnes, M., Solano, P., Wispelaere (de), G. & Cuisance, D., 2002. Modelling bovine trypanosomosis spatial distribution by GIS in an agro-pastoral zone of Burkina Faso. *Preventive Veterinary Medicine*, **56**, 5-18.

\* Mahama, C., Desquesnes, M., Dia, M., Losson, B., De Deken, R. & Geerts, S., 2004. A cross-sectional epidemiological survey of bovine trypanosomosis and its vectors in the Savelugu and West Mamprusi districts of northern Ghana. *Vet Parasitol.*, **122**(1), 1-13.

Mahama, C., Desquesnes, M., Dia, M., Losson, B., De Deken, R., Speybroeck, N. & Geerts, S., 2005. A longitudinal epidemiological survey of bovine trypanosomosis and its vectors in the White Volta river basin of northern Ghana. *Vet Parasitol.*, **128**, 201-208.

Cuisance, D., Itard, J., Desquesnes, M., Frézil, J. L. & De La Rocque, S., 2003. Trypanosomoses: épidémiologie. In : *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail ; Europe et régions chaudes*; Lefèvre, P-C, Blancou, J. Chermette, R.; Ed Tec & Doc et EMI; Lavoisier, **2**, 1627-1650.

### Caractérisation des parasites

Desquesnes, M., La Rocque S. (de) & Peregrine, A., 1995. French Guyanan isolate of *Trypanosoma vivax* resistant to diminazene aceturate, but sensitive to isometamidium chloride, *Acta Tropica*, **60**,133-136.

\* Bengaly, Z., Sidibé, I., Boly, H., Sawadogo, L. and Desquesnes, M., 2002. Comparative pathogenicity of three genetically distinct *Trypanosoma congolense* – types in inbred Balb/c mice. *Veterinary parasitology* 105 : 111-118.

Sidibé, I., Bengaly, Z., Boly, H., Ganaba, R., Desquesnes, M., Sawadogo, L., 2002. Differential pathogenicity of *Trypanosoma congolense* subgroups: Implication for the strategic control of trypanosomosis. *ICPTV Newsletter*, sept 2002, **6**, 33-35.

Bengaly Z, Sidibe I, Ganaba, R, Desquesnes M., Boly H, Sawadogo L., 2002. Comparative pathogenicity of three genetically distinct types of *Trypanosoma congolense* in cattle : clinical observations and haematological changes. *Vet. Par.* 108: 1-19.

## **Etude et contrôle des vecteurs**

### Caractérisation des arthropodes

Desquesnes, M. & Stachurski, F., 1987. Choix, entretien et caractérisation d'une souche de référence de *Boophilus microplus* en Nouvelle-Calédonie : le souche Tiabet. *Rev. Elev. Med. Vet. Nouv. Calédonie*, **9**, 11-17.

Desquesnes, M., 1987. Une étude de la résistance à l'Ethion de la tique *Boophilus microplus* sur la Côte Ouest de la Nouvelle-Calédonie. *Rev. Elev. Med. Vet. Nouv. Calédonie*, **9**, 19-21.

\* Acapovi G, Yaoyao, Dia M L, & Desquesnes M., 2001. Abondance relative des tabanides et des stomoxes dans la région des savanes de la Côte d'Ivoire. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. **54**(2) 109-114.

### Modes de lutte

\* Desquesnes, M. & Hecht, E., 1986. Mise au point d'une méthode de mesure de l'efficacité biologique d'un bain d'acaricide ; Application au diéthion avec les femelles gorgées de *Boophilus microplus* . *Rev. Elev. Med. Vet. Nouv. Calédonie*, **8**, 27-34.

Desquesnes, M. & Vignon, L., 1987. Une étude préliminaire pour associer la rotation des pâtures à la lutte contre *Boophilus microplus* en Nouvelle-Calédonie. *Rev. Elev. Med. Vet. Nouv. Calédonie*, **10**, 13-19.

Desquesnes, M. & Vignon, L., 1987. Essai d'un vaccin contre la tique du bétail: *Boophilus microplus*. *UPRA Nouvelle-Calédonie* , **12**, 23-28.

Desquesnes, M., 1990. Note sur des essais d'immunisation de lapins contre des tsé-tsé, *Glossina fuscipes fuscipes* (Diptera: Glossinidae). *Rev. El. Méd. Vét. Pays Trop.*, **43**, 511-513.

\* Dia, M. L., Desquesnes, M., Elsen, P., Lancelot, R. & Acapovi, G., 2004. Evaluation of new trap for tabanids and stomoxines. *Bull. Soc. Roy. Belge Entomol.*, **140**, 64-73.

Cuisance, D., Itard, J., Solano, P., Desquesnes, M., Frézil, J. L. & Authié, E., 2003. Trypanosomoses: méthodes de lutte. In : *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail ; Europe et régions chaudes*; Lefèvre, P-C, Blancou, J. Chermette, R.; Ed Tec & Doc et EMI; Lavoisier, **2**, 1695-1724.

### Transmission mécanique des trypanosomes

Desquesnes, M. & Dia, M. L., 2003. *Trypanosoma vivax*: Mechanical transmission in cattle by one of the most common African tabanids, *Atylotus agrestis*. *Exp. Parasitol.*, **103**(1-2), 35

\* Desquesnes, M. & Dia, M. L., 2003. Mechanical transmission of *Trypanosoma congolense* in cattle by the African tabanid *Atylotus agrestis*. *Exp. Parasitol.*, **105**(3-4), 226-231.

\* Desquesnes, M. & Dia, M. L., 2004. Mechanical transmission of *Trypanosoma vivax* in cattle by the African tabanid *Atylotus fuscipes*. *Vet Par*, **119**(1), 9-19.



## Reproductions d'une sélection de publications

### Publication n°1

#### Diagnostic

##### Diagnostic parasitologique

Desquesnes, M. et Tresse, L., 1996. Evaluation de la sensibilité du test de WOO pour la détection de *Trypanosoma vivax*. *Rev. Élev. Méd. vét. Pays trop.* **49**(4), 315-321.

















## **Publication n°2**

### **Diagnostic**

#### **Diagnostic par Antigen-ELISA**

Desquesnes, M., 1995. Evaluation of three antigen detection tests (monoclonal trapping ELISA) for African trypanosomes, with an isolate of *T. vivax* from French Guyana. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 791, July 23, 1996: 172-184.





























### **Publication n°3**

#### **Diagnostic**

##### **Diagnostic par ELISA-indirecte**

Desquesnes, M., 1997. Standardisations internationale et régionale des épreuves immuno-enzymatiques : méthodes, intérêts et limites. *Rev. Sci. tech. Off. int. Epiz.* **16**, 809-823.



































## **Publication n°4**

### **Diagnostic**

#### **Diagnostic par ELISA-indirecte**

Desquesnes, M., Bengaly, Z., Millogo, L., Meme, Y. and Sakande, H., 2001. "The analysis of the cross-reactions occurring in antibody-ELISA for the detection of trypanosomes can improve identification of the parasite species involved." *Ann. Trop. Med. Parasitol.* **95**(2): 141-155.



































## **Publication n°5**

### **Diagnostic**

#### **Diagnostic par PCR classique**

Desquesnes, M., 1997. Evaluation of a simple PCR technique for the diagnosis of *Trypanosoma vivax* infection in the serum of cattle in comparison to parasitological techniques and antigen-enzyme linked immunosorbent assay (Ag-ELISA) *Acta Tropica* **65**, 139-148.



























## **Publication n°6**

### **Diagnostic**

#### **Diagnostic par PCR ITS1**

Desquesnes, M., McLaughlin, G., Zoungrana, A., Dávila, A.M.R., 2001. Detection and identification of *Trypanosoma* of African livestock through a single PCR based on internal transcribed spacer 1 of rDNA. *Int. J. Parasitol.* **31** (5-6) 610-614.













## **Publication n°7**

### **Diagnostic**

#### **Revue sur diagnostic**

Desquesnes M. & Dávila A. M. R. (2002). Applications of PCR-based tools for detection and identification of animal trypanosomes ; a review and perspectives. *Veterinary Parasitology* **109**(3-4), 213-231.











































## **Publication n°8**

### **Epidémiologie**

#### **Epidémiologie générale**

Desquesnes, M., Michel J-F, La Rocque (de) S., Solano P., Millogo L., Bengaly Z., SIDIBE I., 1999. Enquête parasitologique et sérologique (ELISA-indirectes) sur les trypanosomoses des bovins dans la zone de Sidéradougou, Burkina Faso. *Revue d'élevage et de Médecine vétérinaire des pays tropicaux* **52**, 3-4: 223-232.























## **Publication n°9**

### **Epidémiologie**

#### **Epidémiologie générale**

Mahama, C., Desquesnes, M., Dia, M., Losson, B., De Deken, R. & Geerts, S., 2004. A cross-sectional epidemiological survey of bovine trypanosomosis and its vectors in the Savelugu and West Mamprusi districts of northern Ghana. *Vet Parasitol.*, **122**(1), 1-13.























## **Publication n°10**

### **Epidémiologie**

#### **Caractérisation des parasites**

Bengaly, Z., Sidibé, I., Boly, H., Sawadogo, L. and Desquesnes, M., 2002. Comparative pathogenicity of three genetically distinct *Trypanosoma congolense* – types in inbred Balb/c mice. *Veterinary parasitology* 105 : 111-118.



















## **Publication n°11**

### **Etude et contrôle des vecteurs**

#### **Caractérisation des arthropodes**

Acapovi G, Yaoyao, Dia M L, & Desquesnes M., 2001. Abondance relative des tabanides et des stomoxes dans la région des savanes de la Côte d'Ivoire. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. **54**(2) 109-114.

















## **Publication n°12**

### **Etude et contrôle des vecteurs**

#### **Modes de lutte**

Desquesnes, M. & Hecht, E., 1986. Mise au point d'une méthode de mesure de l'efficacité biologique d'un bain d'acaricide ; Application au diéthion avec les femelles gorgées de *Boophilus microplus* . *Rev. Elev. Med. Vet. Nouv. Calédonie*, **8**, 27-34.

















## **Publication n°13**

### **Etude et contrôle des vecteurs**

#### **Modes de lutte**

Dia, M. L., Desquesnes, M., Elsen, P., Lancelot, R. & Acapovi, G., 2004. Evaluation of new trap for tabanids and stomoxines. *Bull. Soc. Roy. Belge Entomol.*, **140**, 64-73.

























## **Publication n°14**

### **Etude et contrôle des vecteurs**

Transmission mécanique des trypanosomes

Desquesnes, M. & Dia, M. L., 2003. Mechanical transmission of *Trypanosoma congolense* in cattle by the African tabanid *Atylotus agrestis*. *Exp. Parasitol.*, **105**(3-4), 226-231.

















## **Publication n°15**

### **Etude et contrôle des vecteurs**

#### **Transmission mécanique des trypanosomes**

Desquesnes, M. & Dia, M. L., 2004. Mechanical transmission of *Trypanosoma vivax* in cattle by the African tabanid *Atylotus fuscipes*. *Vet Par*, **119**(1), 9-19.